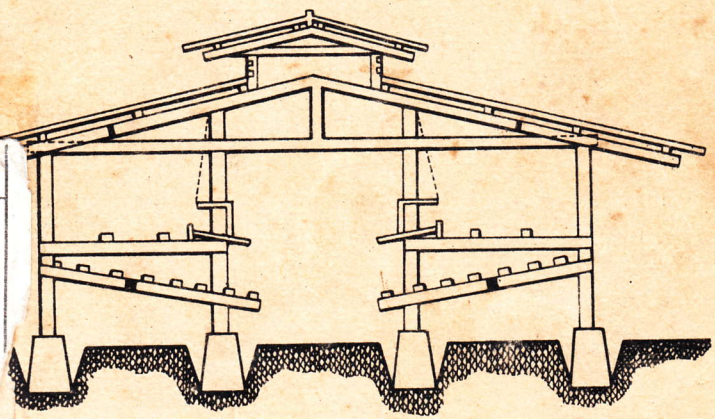
Milik Dep. P dan K
untuk diperdagangkan

2 Bangunan Pertanian



AAN DA
A TIMUR
ngo.
Pro
b

Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan

DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN 1980

Lain-lain buku seri Pertanian :

1. *Pengetahuan Mutu Hasil Pertanian*
2. *Pengawasan Mutu Hasil Pertanian*
3. *Pengolahan Hasil Pertanian 1*
4. *Pengolahan Hasil Pertanian 2*
5. *Mikrobiologi*
6. *Pengetahuan Alat dan Mesin Pengolahan Hasil Pertanian 1*
7. *Pengetahuan Alat dan Mesin Pengolahan Hasil Pertanian 2*
8. *Petunjuk Praktek Alat dan Mesin Pengolahan Hasil Pertanian 1*
9. *Petunjuk Praktek Alat dan Mesin Pengolahan Hasil Pertanian 2*
10. *Petunjuk Praktek Alat dan Mesin Pengolahan Hasil Pertanian 3*
11. *Petunjuk Praktek Pengolahan Hasil Pertanian 1*
12. *Petunjuk Praktek Pengolahan Hasil Pertanian 2*
13. *Petunjuk Praktek Pengolahan Hasil Pertanian 3*
14. *Penggudangan Hasil Pertanian*
15. *Petunjuk Praktek Mikrobiologi Hasil Pertanian 1*
16. *Petunjuk Praktek Mikrobiologi Hasil Pertanian 2*
17. *Bangunan Pertanian 1*
18. *Bangunan Pertanian 2*
19. *Ilmu Ukur Wilayah*
20. *Penanganan Lepas Panen 1*
21. *Dasar-dasar Pengawetan 1*

Yang segera akan terbit :

1. *Penanganan Lepas Panen 2*
2. *Dasar-Dasar Pengawetan 2*
3. *Alat dan Mesin Pertanian*
4. *Perbengkelan Pertanian*

PERPUSTAKAAN WILAYAH DEP. P DAN K
Jl. Walikota Mustajab. 68
SURABAYA

Milik Departemen Pendidikan dan Kebudayaan
Tidak diperjualbelikan

Bagian Proyek Pengadaan Buku Pendidikan Teknologi

Bangunan Pertanian 2

Untuk Bagian Pertanian
Sekolah Teknik Menengah
Sekolah Teknik Menengah Pembangunan

Penulis :
Ir. Moedjijarto Pratomo M Sc
Ir. Sri Mudiastuti Priyanto

Penilai :
Dr. Ir. Surjono Surjokoesoemo

Departemen Pendidikan dan Kebudayaan
Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan

1979 Cetak Coba dan Evaluasi
1980 Edisi Pertama

S48/PW/4/84

Staf Bagian Proyek Pengadaan Buku Pendidikan Teknologi :

Pemimpin Proyek Soetrisno B.Sc

Penanggung jawab bidang :

Pernaskahan Krebet Hidayat
Drs. Sumarlan D.S
R. Soemarto

Editor Krebet Hidayat

Perwajahan/Pencetakan Soetrisno B.Sc
U. Suryadi

Kata Pengantar

Buku merupakan bagian integral dari suatu sistem pendidikan bahkan merupakan salah satu kunci untuk melepaskan diri dari ketinggalan pengetahuan dan teknologi yang terus tumbuh dan berkembang.

Usaha penyediaan buku untuk Sekolah Teknologi Menengah/ STM telah dimulai sejak PELITA II dengan tujuan untuk menunjang pelaksanaan proses belajar di sekolah, baik digunakan oleh siswa maupun sebagai pedoman bagi guru. Melalui berbagai kegiatan dan bantuan dari unsur guru, para ahli dari Universitas/Institut dan masyarakat sebagai pemakai/penerima lulusan, maka selama PELITA II telah dihasilkan sebanyak 193 judul buku untuk berbagai jurusan.

Khusus pada PELITA III, tahun anggaran 1980 telah siap 50 (Lima puluh) judul buku, meliputi berbagai jurusan: Mesin, Listrik, Sipil, Kimia, Tekstil, Geologi dan Pertanian.

Buku-buku ini digunakan sebagai buku pelajaran untuk siswa dan buku pedoman untuk guru pada Sekolah Teknologi Menengah dan STM Pembangunan, atau sekolah yang sejenis.

Kepada siswa dan guru saya minta agar buku-buku ini digunakan dengan baik, sehingga tujuan untuk meningkatkan mutu dan relevansi pendidikan dengan keperluan Pembangunan Nasional dapat tercapai.

Kepada penulis, penilai dan editor serta Staf Proyek, saya sampaikan terima kasih atas segala karya dan usahanya.

Akhirnya kepada para pembaca, segala saran yang bersifat konstruktip saya menyampaikan penghargaan dan terima kasih.

Jakarta, 25 Maret 1981
Direktur Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah,

Prof. Darji Darmodiharjo, SH
NIP. 130676351

Daftar Isi

		HAL.
1.	**Pengetahuan Mengenai Bahan Kayu**	1
1.	JENIS-JENIS KAYU	1
1.1.	Kulit Luar (Outer Bark)	1
1.2.	Kulit Dalam (Bast)	1
1.3.	Kambium	1
1.4.	Kayu Gubal (Sapwood)	1
1.5.	Kayu Teras atau Galih (Heart Wood)	1
1.6.	Hati (Pith)	1
1.7.	Jari-jari Teras (Rays)	1
2.	PENGARUH CACAD KAYU	2
2.1.	Macam Cacad	2
2.1.1.	Cacad kayu sebagai hasil pertumbuhan	2
2.1.2.	Cacad kayu karena pertumbuhan	3
2.1.3.	Cacad kayu karena adanya retak pada lingkaran tumbuh	3
2.1.4.	Cacad kayu karena lapuk atau busuk	3
2.1.5.	Cacad kayu karena adanya kulit tumbuh	3
2.1.6.	Perubahan bentuk	4
2.1.7.	Retak dan pecah	4
2.1.8.	Casehardening	5
2.1.9.	Retak dalam (honeycombing)	7
2.2.	Sifat-sifat Kayu Yang Penting	7
2.2.1.	Berat jenis	7
2.2.2.	Kembang susut	7
2.2.3.	Kadar air	8
2.2.4.	Angka kerapatan	9
2.2.5.	Sifat mekanik kayu	9
2.3.	Pengarahan Penggunaan Kayu	10
2.3.1.	Pengeringan kayu	10
2.3.2.	Klasifikasi bahan bangunan kayu	11
2.4.	Pengawetan Kayu	22
2.4.1.	Kerusakan kayu	22

2.4.2. Rayap adalah penghuni-penghuni daerah panas (tropis dan sub tropis) 22
2.4.3. Bubuk perusak kayu 23
2.4.4. Cacing laut 23
2.4.5. Klasifikasi menurut sifat keawetan kayu 23
2.4.6. Proses pengawetan kayu 23
2.4.7. Bahan-bahan pengawetan kayu 23
24
2. Hubungan Dan Sambungan Kayu 31
1. ALAT SAMBUNG 31
1.1. Pasak Dalam Konstruksi Yang Selalu Terendam Air/ Tidak Terlindung 32
1.2. Pasak Dalam Konstruksi Yang Terlindung 32
1.3. Pasak Dalam Konstruksi Yang Tegangannya Diakibatkan Oleh Beban Tetap Dan TIdak Tetap 33
2. ALAT SAMBUNG DARI BESI 33
2.1. Sambungan Dengan Pasak Kayu 33
2.2. Sambungan Dengan Baut 34
2.3. Sambungan Dengan Paku 38
2.4. Sambungan Gigi 41
2.5. Pelat Penyambung 42
2.6. Perekat 43
2.7. Pasak-pasak Modern (Modern Timber Connectors) 44
2.7.1. Slip ring connector 44
2.7.2. Toothed ring connector 44
2.7.3. Bulldog connector 44
2.7.4. Claw plate connector 46
2.7.5. Shear plate connector 46
2.7.6. Spike grid connector 47
2.8. Cara dan Macam Sambungan Kayu Serta Kegunaannya . 47
2.8.1. Sambungan dalam arah melebar 47
2.8.2. Sambungan dalam arah panjang 50
2.8.3. Sambungan dengan arah menyudut 58
3. Konstruksi Pintu Dan Jendela Kayu 61
1. SAMBUNGAN PINTU 61
1.1. Pintu Lat 63
1.2. Pintu Kelem 64
1.3. Pintu-pintu Panel 65
1.4. Pintu-pintu Kaca 67

1.4.1. Dari sisi dalam (sisi dog) 69
1.4.2. Dari sisi luar 70
1.5. Pintu Yalusi/Krepyak 70
2. MACAM PINTU 72
2.1. Pintu Angin Dengan Pintu Berputar Terus 74
2.2. Pintu Berganda 77
4. Konstruksi Kuda-Kuda 79
1. MACAM-MACAM KUDA-KUDA 79
1.1. Kuda-kuda Atap Pelana 79
1.2. Kuda-kuda Gantung 80
1.3. Kuda-kuda Bentang 1,50 – 3,00 Meter 80
1.4. Kuda-kuda Bentang 3,00 – 10,00 Meter 81
2. BAGIAN-BAGIAN DARI KUDA-KUDA 82
5. Pengetahuan Bahan Beton Dan Baja 85
1. BAHAN-BAHAN CAMPURAN BETON 85
1.1. P.C. (Portland Cemen) 86
1.2. Pasir 87
1.3. Kerikil 88
1.4. Semen 88
1.5. Air 90
2. BAHAN BAJA 90
2.1. Besi Tuang 95
2.2. Besi Tempa (Besi wel) 97
2.3. Baja Bangunan 98
2.4. Pelat Baja 100
2.4.1. Pelat pipih 100
2.4.2. Pelat berusuk atau berpetak 101
2.4.3. Pelat berlobang 104
2.4.4. Pelat bergelombang 104
6. Konstruksi Beton Bertulang 107
1. MACAM-MACAM KONSTRUKSI BETON BERTULANG 107
2. FUNGSI BESI DAN BETON 121
3. DASAR-DASAR PERENCANAAN BEKISTING BETON BERTULANG 128
7. Konstruksi Baja 133

1. MACAM-MACAM KONSTRUKSI BAJA 133
2. DASAR-DASAR PERHITUNGAN KONSTRUKSI BAJA ... 148

Daftar Pustaka 163

1 Pengetahuan Mengenai Bahan Kayu

1. JENIS-JENIS KAYU

Untuk digunakan sebagai bahan bangunan kayu harus diketahui ciri dan sifatnya. Berbagai jenis kayu Indonesia dapat dicirikan berdasarkan sifat mekanis, beberapa faktor yang mengurangi kekuatan dan sifat-sifat alami yang membedakan pemakaian kayu dari pemakaian bahan bangunan lain.

Kayu dapat diklasifikasikan berdasarkan pohonnya, yaitu kayu lunak dan kayu keras. Dapat juga pembedaan golongan dilakukan menurut bentuk daun pohonnya yaitu kayu dari pohon berdaun lebar dan pohon yang daunnya berbentuk jarum.

Struktur kayu :

Kayu tersusun dari sel-sel yang terdiri atas selulosa. Sel-sel ini disatukan oleh lignin. Perbedaan susunan zat kayu menyebabkan perbedaan sifat dari jenis yang satu dari jenis lainnya.

Dari penampang lintang pohon dapat terlihat bagian-bagian berikut :

1.1. **Kulit-luar (outer bark)**, keras - kering - sebagai pelindung bagian dalam pohon. (A)

1.2. **Kulit-dalam (bast)**, lunak - basah - berfungsi sebagai pengangkut makanan dari daun ke bagian lain dari pohon. (B)

1.3. **Kambium**, berada di sebelah dalam kulit. Bagian inilah yang membuat sel-sel kulit dan sel-sel kayu. (C)

1.4. **Kayu-gubal (Sapwood)**, berwarna muda (putih). Bagian ini berfungsi sebagai pengangkut air (berikut zat-zatnya) dari tanah ke daun-daun. (D)

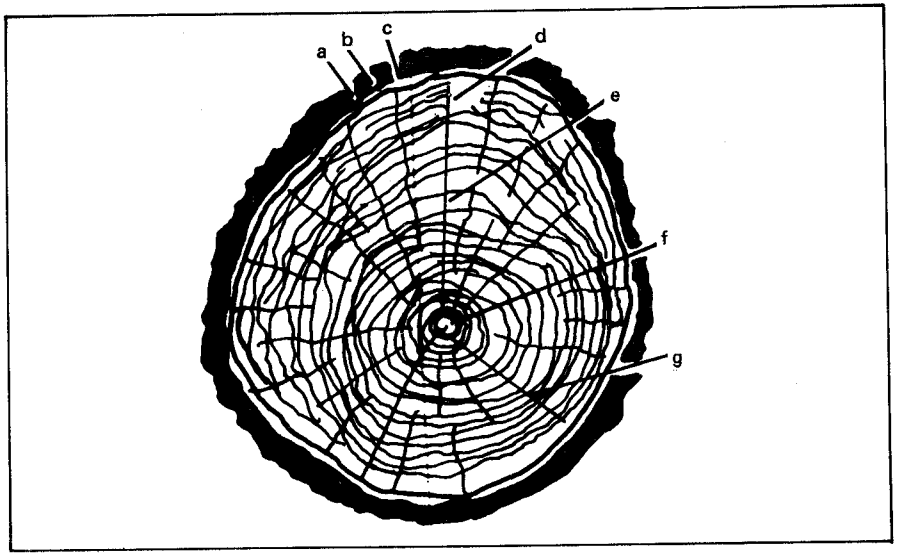
1.5. **Kayu Teras Atau Galih (Heart Wood)**, berwarna tua, terbentuk dari kayu-gubal yang tidak bekerja lagi. (E)

1.6. **Hati (Pith). (F)**

1.7. **Jari-jari Teras (Rays)**, menghubungkan berbagai bagian dari pohon, untuk penyimpanan dan pengangkutan bahan makanan. (G)

Kayu teras/galih terjadi dari kayu gubah yang berubah secara perlahan-la-

han. Kayu teras ini lebih awet dan tahan terhadap serangan serangga, bubuk dan jamur dibanding dengan kayu gubal. Kayu jenis kurang awet dapat dipertinggi tingkat keawetannya dengan berbagai cara pengawetan.



Gambar 1-1 *Irisan Melintang Sebatang Pohon*

2. PENGARUH CACAD KAYU

2.1. Macam Cacad

Kayu sebagai bahan bangunan mengalami perubahan-perubahan karena faktor-faktor adanya hasil pertumbuhan kayu yang terjadi secara alami, hasil konversi balok, hasil pengolahan, hasil pembusukan oleh jamur atau fungi dan hasil penyerangan serangga; sehingga bahan bangunan ini mempunyai cacad dan terbatas di dalam penggunaannya.

Kayu-kayu yang cacad sering masih dapat dimanfaatkan misalnya sebagai bahan mebel atau dinding panil kayu, karena mampu memberi keindahan yang khas.

Cacad kayu secara alami

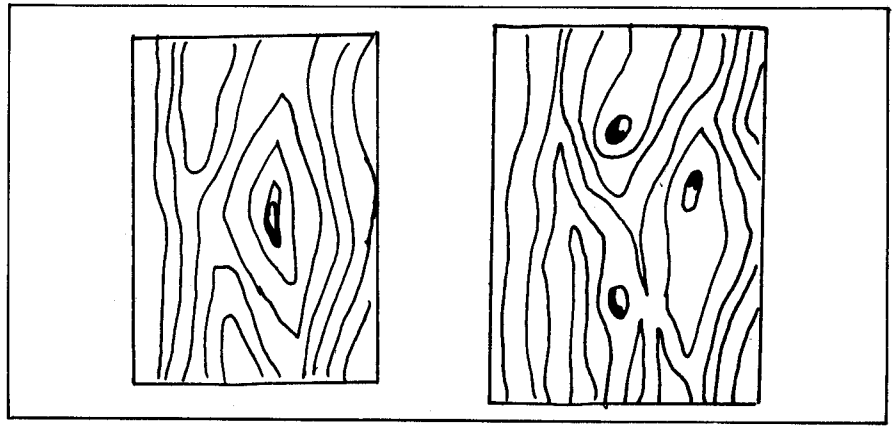
2.1.1. Cacad kayu sebagai hasil pertumbuhan di mana pada bekas-bekas lubang/mata kayu yang berpangkal pada hati kayu (pitch) terjadi penyelubungan oleh jaringan-kayu.

Bila penyelubungan ini terjadi pada waktu cabang masih hidup maka cabang tersebut bersatu dengan kayu sekelilingnya dan terjadilah mata-kayu bersatu.

Bila penyelubungan terjadi pada cabang yang sudah mati maka akan terjadi mata-kayu lepas atau lubang pada kayunya.

Cacad pada kayu akan menurunkan mutu dan meredusir kekuatan kayu karena adanya penyimpangan serat atau terputusnya serat-serat kayu di sekitar tempat yang tidak sempurna tersebut.

Pengaruh cacad ini tergantung pada jumlah, ukuran serta tempat di mana cacad itu berada.



Gambar 1-2 *Cacad Kayu Bekas Pangkal Dahan*

2.1.2. Cacad kayu karena pertumbuhan yang terjadi karena serat-serat kayu tidak sempurna posisinya, seperti serat kayu yang tidak lurus atau tidak sejajar sisi memanjang kayu.

Beberapa macam di antaranya: spiral, diagonal, wavy, curly dan interlocked grain.

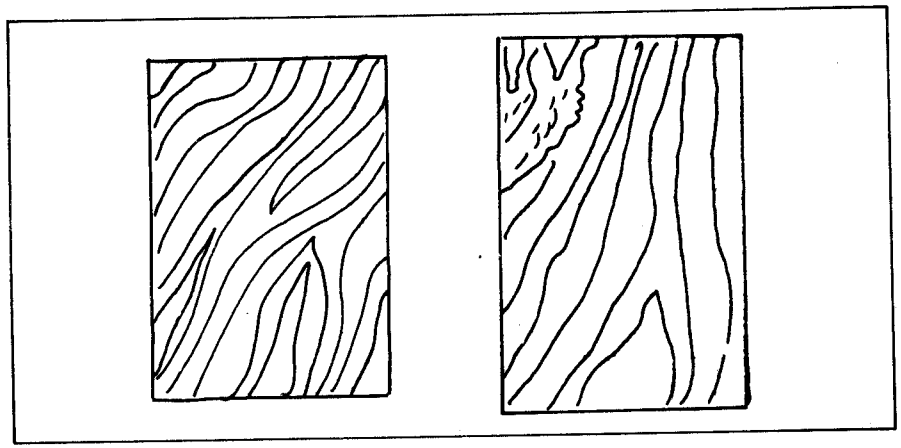
2.1.3. Cacad-kayu karena adanya retak pada lingkaran tumbuh atau karena cacad tekan yang ditimbulkan oleh perkembangan tidak sempurna pada kantong-kantong sel seperti damar, gabus atau mineral-mineral yang lain.

2.1.4. Cacad-kayu karena lapuk atau busuk

Beberapa jenis kayu mudah diserang serangga atau jamur. Hal ini ditandai dengan perubahan warna kayu yang berbeda dan rapuh.

2.1.5. Cacad kayu karena adanya kulit tumbuh di dalam kayu, kayu ini mempunyai kelainan.

Akibat pengolahan hasil penggergajian dan hasil pengeringan seringkali menimbulkan penyusutan yang besarnya tidak seragam untuk semua arah. Bagian luar kayu cenderung mengering lebih cepat dari pada bagian dalam. Hal ini menim-



Gambar 1-3 *Cacad kayu karena arah serat kayu.*

bulkan perubahan bentuk pada kayu. Perubahan sementara ataupun permanen, bahkan dapat menyebabkan terpisahnya atau terputusnya jaringan kayu.

Sering cacad kayu hasil pengeringan udara lebih buruk dibanding pengeringan secara tanur pengering. Cendawan dapat tumbuh bila sirkulasi udara jelek atau suhu terlalu rendah dan kelembaban udara terlalu tinggi. Cacad-cacad pengeringan yang mungkin terjadi selama proses pengeringan dapat diperbaiki sebagai berikut:

2.1.6. Perubahan bentuk

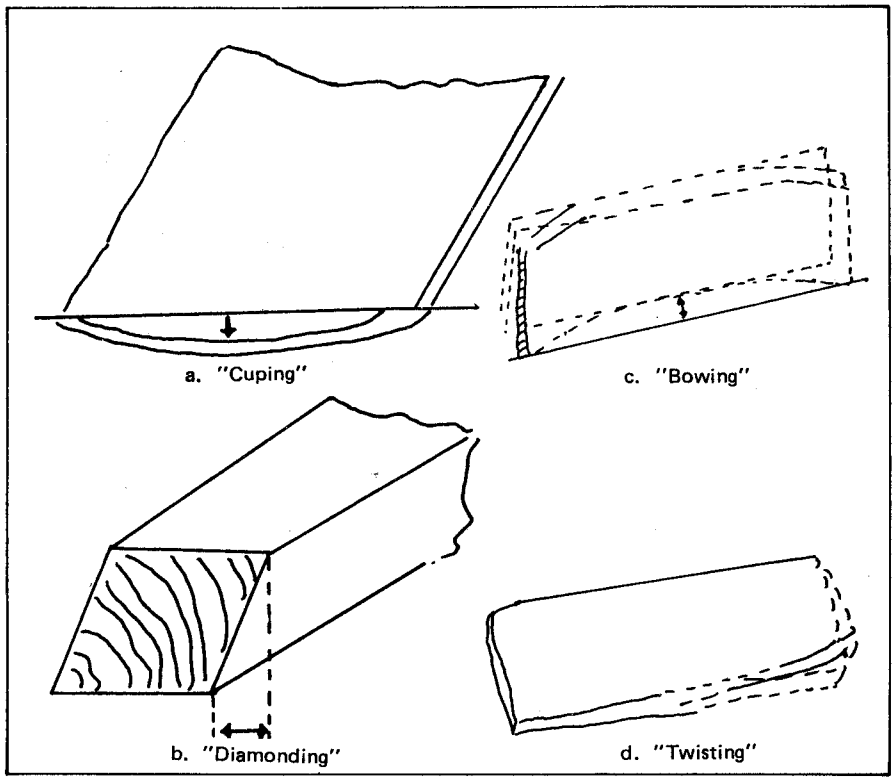
Kayu yang seratnya terpilih atau saling menjalin mempunyai tendensi berubah bentuk. Perubahan bentuk ini merupakan hasil dari penyusutan anisoptropis dan lebih intensif lagi oleh casehardening dan cara penumpukan yang jelek.

Jadi adalah melengkung pada bagian lebar kayu, sehingga terjadi bentuk seperti mangkuk (cupping), melengkung dalam arah memanjang kayu sehingga terjadi bentuk seperti busur (bowing), mengulir (twist) dan perubahan bentuk penampang kayu. Pencegahannya dapat dilakukan dengan menumpuk kayu secara baik; ganjal (stikkar) hendaknya seragam dan jumlah serta ukuran tumpukan harus layak. Beberapa macam dari perubahan bentuk tersebut dapat dilihat pada gambar 1-4 (a, b, c dan d).

2.1.7. Retak dan pecah

Pengeringan yang berlangsung terlalu cepat, menyebabkan bagian permukaan kayu mengalami pengeringan lebih cepat dibandingkan bagian dalam. Hal ini dapat menyebabkan retak dan pecah pada ujung atau permukaan kayu.

Untuk mencegah atau memperkecil terjadinya cacad ini, ditempuh cara mengeringkan kayu dengan kelembaban udara yang tinggi pada saat permulaan.



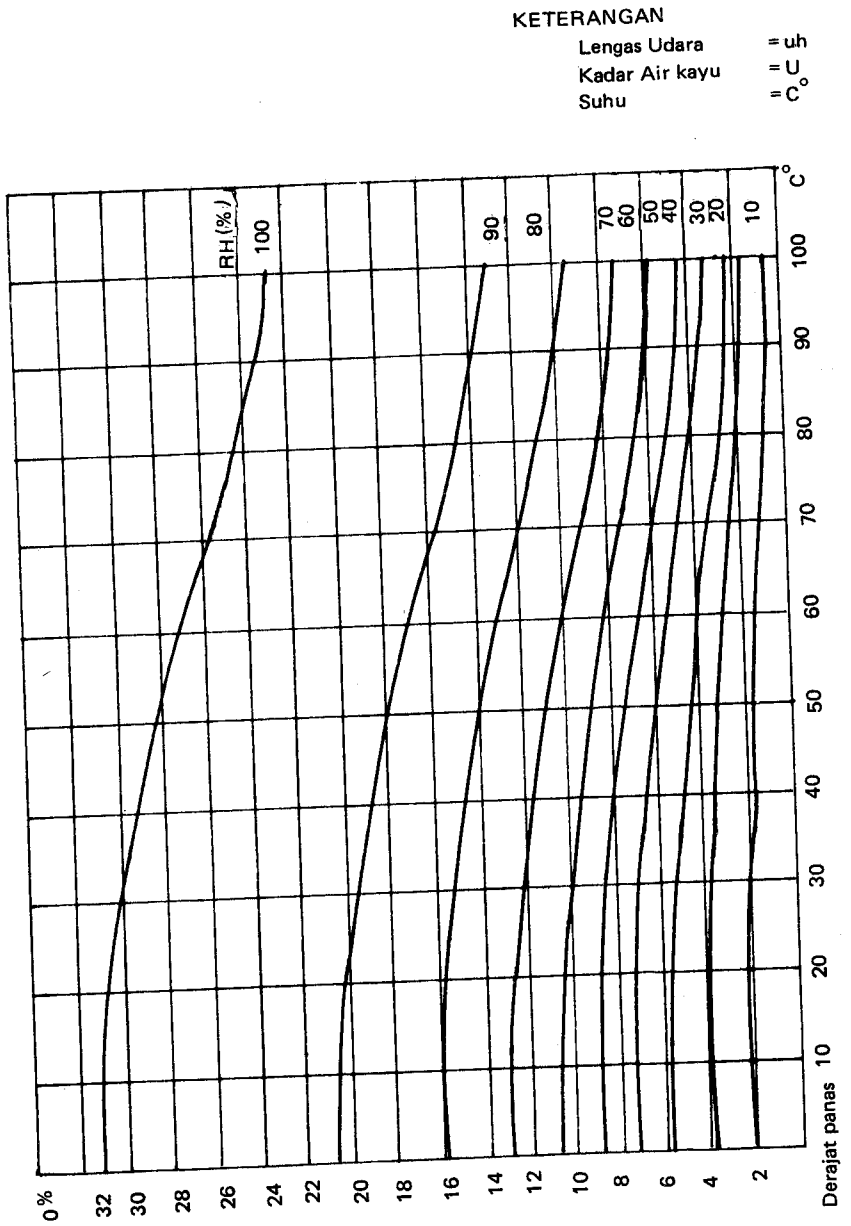
Gambar 1-4 *Beberapa Macam Perubahan Bentuk Kayu Akibat Proses Pengeringan.*

Pecah bagian ujung dapat dicegah antara lain dengan melaburkan bahan penutup kayu pada kedua ujung kayu. Retak dan pecah sulit diperbaiki.

2.1.8. Casehardening

Penyebabnya adalah pengeringan kayu yang terlalu cepat atau tidak merata. Pengeringan permukaan kayu yang terlalu cepat terjadi bila temperatur terlalu tinggi, terlalu rendah atau fluktuasinya terlalu besar. Kondisi ini menyebabkan bagian kayu sebelah luar pengerutannya tertahan oleh bagian kayu sebelah dalam yang lebih basah sehingga terjadi tegangan.

Casehardening dapat diketahui dengan uji garpu. Kayu yang mengalami casehardening akan membengkok ke dalam, sedangkan kayu yang tidak mengalami casehardening tetap lurus. Terjadinya casehardening dapat dicegah atau dikurangi dengan menggunakan kelembaban udara yang tinggi pada permulaan dan menjelang selesainya pengeringan.



Gambar 1-5 Diagram Keseimbangan antara Kadar Lengas Udara dengan Kadar Lengas Kayu.

Suhu dan kelembaban harus dikontrol secara teliti untuk mendapatkan hasil yang seragam. Casehardening terutama terjadi pada pengeringan kayu yang berat dan sangat basah. Pengujian dilakukan dengan uji garpu yaitu pengujian untuk mengetahui ada tidaknya casehardening.

2.1.9. Retak dalam (honeycombing)

Retak-dalam adalah retak yang terjadi di bagian dalam kayu yang tidak dapat dilihat dari luar. Terjadinya retak-dalam disebabkan casehardening yang berkelanjutan. Untuk menghindari terjadinya retak dalam diberikan kelembaban udara yang tinggi pada permulaan pengeringan dengan suhu yang tidak terlalu tinggi. Cacad ini tidak dapat dihilangkan.

2.2. Sifat-sifat Kayu Yang Penting

Sifat dasar kayu meliputi sifat fisik-mekanik dan sifat kimiawi.

Sifat fisik-mekanik kayu yang penting adalah berat-jenis, kembang-susut, kadar-air dan kekuatan mekanik.

2.2.1. Berat jenis

Berat jenis kayu erat hubungannya dengan kekuatan kayu, makin tinggi berat-jenis makin tinggi pula kekuatan kayu. Berat jenis kayu berbeda-beda sesuai dengan perbedaan struktur dan perbandingan antara jumlah dinding-sel dan rongga-sel kayu. Berat-jenis (BJ) kayu dihitung dengan rumus berikut :

$$BJ = \frac{\text{Berat kayu kering tanur}}{\text{Volume kayu dalam keadaan kering/basah.}}$$

2.2.2. Kembang susut

Kayu mempunyai sifat yang higroskopis yaitu dapat menyerap atau melepas air tergantung kelembaban lingkungannya. Dalam praktek, penyusutan memegang peranan penting karena dapat menimbulkan retak, pecah, bengkok dan lain-lain pada kayu. Besarnya penyusutan kayu berbeda-beda untuk tiap arah dan jenis kayu karena kayu peka terhadap kelembaban udara, mudah mengabsorbsi dan disorbsi lengas yang terdapat di dalam udara.

Pada diagram di bawah ini terlihat hubungan keseimbangan antara kelembaban-udara dan kadar-air kayu.

Besarnya U berubah banyak karena penambahan Uh pada suhu yang konstan, sebaliknya U berubah tidak banyak karena perubahan suhu dengan Uh yang tetap (konstan).

Dalam hubungan ini kayu akan berusaha untuk selalu mencapai keseimbangan dengan kadar lengas sekitarnya, di mana juga akan mempengaruhi sel-sel kayu yang sangat berhubungan dengan ketahanan dan ketegangan untuk melengkung,

melentur, menahan bahan serta menentukan sebagai bahan bangunan yang mempunyai daya hantar listrik yang jelek.

Dengan penyesuaian kadar air ke kondisi penggunaan terjadilah pengembangan atau penyusutan dari kayu. Faktor utama di dalam pengembangan dan penyusutan dari semua jenis kayu dipengaruhi oleh derajat panas dan angka kerapatan kayu. Hal ini disebabkan dalam ketiga arah sumbu koefisien pengembangan atau penyusutan yaitu : radial 4 a 14%; tangensial 2 a 8%; axial 0,1 a 0,2%; volumetrik 7 a 21%.

2.2.3. Kadar air

Kadar air kayu menunjukkan banyaknya air yang terdapat dalam kayu, dinyatakan dalam persen terhadap berat kayu kering. Pohon yang baru ditebang biasanya mengandung banyak air sehingga kayu perlu dikeringkan sebelum dikerjakan lebih lanjut.

Sesuai dengan sifat kayu yang higroskopis, kayu selalu cenderung untuk mencapai kadar air yang seimbang dengan lingkungannya. Dalam lingkungan yang kering, kayu basah akan mengering sedang dalam lingkungan yang lembab kayu akan mengisap air. Pada setiap kombinasi suhu dan kelembaban nisbi udara, kayu mempunyai kadar tertentu. Keadaan ini disebut kadar air keseimbangan (equilibrium moisture content) kayu.

Berdasarkan hal tersebut di atas, kayu perlu dikeringkan sebelum dikerjakan, sampai mencapai kadar air yang sesuai dengan tempat di mana kayu akan digunakan (Tabel I).

TABEL I **Kadar air pada berbagai penggunaan**

Penggunaan	Kadar Air yang dianjurkan (%)
Kayu yang akan diawetkan dengan tekanan	25
Barang-barang kayu yang digunakan dalam kondisi yang kadang-kadang mengalami pemanasan	14
Barang-barang kayu dalam ruangan yang mempunyai pemanasan	12
Barang-barang kayu dalam ruangan yang selalu berpemanas	11
Barang kayu dengan pemanas tinggi	10
Barang kayu yang diletakkan dekat sumber panas (kotak radiator dan lain-lain)	9

Hal ini penting, agar selama kayu dalam pemakaian tidak mengalami perubahan dimensi yang besar atau mengalami retak, pecah dan bengkok.

Kadar air dihitung dengan rumus :

$$Ka = \frac{Bb - Bk}{Bk} \times 100\,\%$$

di mana :

Ka = Kadar air
Bb = Berat basah (gram)
Bk = Berat kering tenur (gram)

2.2.4. Angka kerapatan

Angka ini dinilai dari banyaknya zat kayu yang dikandungnya, semakin tinggi kerapatannya semakin berat, kayu itu.

2.2.5. Sifat mekanik kayu

Sifat mekanik kayu dikategorikan dalam beberapa kriteria keteguhan/ kekuatan seperti : kekuatan tarik, kekuatan tekan, kekuatan lentur, puntiran dan kekuatan geser yang masing-masing dikategorikan lagi berdasarkan arah sumbu yaitu axial, radial dan tangensial.

Karena sifat mekanik pada arah tangensial dan radial tidak berbeda maka dapat hanya dikategorikan pada dua arah sumbu, yaitu searah dan sejajar serat.

Kekenyalan kayu dengan bahan konstruksi yang lain berbeda, karena kayu tidak mempunyai batas kenyal, tapi mempunyai batas proporsi yaitu titik pertemuan antara grafik pada bagian yang lurus dan yang bengkok dan kemudian patah. Jadi sifat mekanik kayu sangat berbeda menurut arah serat kayu.

Kenyataan yang ada bahwa kayu akan sangat rusak bila ditarik pada arah lebar serat serta akan mempunyai daya dukung yang tinggi bila beban pada arah tegak serat.

Kekuatan kayu menunjukkan bahwa :

- Kayu akan lebih kuat mendukung gaya tarik sejajar arah serat dari pada tegak lurus arah serat.
- Kayu akan lebih kuat mendukung tarikan dari pada mendukung tekanan bila menurut arah serat.
- Kayu akan lebih kuat mendukung gaya tekan sejajar arah serat dari pada yang tegak lurus arah serat.
- Kayu akan lebih kuat mendukung gaya geser tegak lurus arah serat dari pada menurut arah serat. Dan kayu akan retak-retak dan kemudian patah pada yang besar.

2.3. Pengarahan Penggunaan Kayu

Kayu mempunyai beberapa kelemahan antara lain dapat mengembang atau menyusut yang mengakibatkan berubah dimensi, merekak, pecah dan berubah bentuk.

Untuk mengurangi sifat mengembang dan menyusut kayu dalam batas tertentu dapat dicapai dengan mengeringkan kayu hingga kadar air yang sesuai dengan lingkungannya. Sedangkan untuk mempertinggi keawetannya, kayu diberi bahan pengawet yang beracun untuk organisme perusak (tercantum pada bab berikutnya).

2.3.1. Pengeringan kayu

Dalam praktek ada dua cara pengeringan kayu yang lazim dilakukan, yaitu pengeringan kayu secara alami (air seasoning) dan pengeringan kayu dalam tanur pengering (kiln drying). Perbedaan antara kedua cara pengeringan tersebut dapat dilihat dalam tabel.

Suhu pengeringan dalam dapur pengering yang lazim dipergunakan berkisar antara $35^\circ - 99^\circ$ C, tergantung kepada jenis kayu yang dikeringkan.

A. PENGERINGAN KAYU SECARA ALAMI

Hal yang perlu diperhatikan dalam pengeringan kayu secara alami adalah mempertahankan aliran udara yang cukup lancar di sekitar kayu yang dikeringkan, agar diperoleh hasil pengeringan yang merata. Di samping itu cara penumpukan kayu juga penting diperhatikan karena dapat menimbulkan cacad kayu selama dikeringkan. Pengeringan dapat dilakukan di dalam bangsal pengering (drying shed) atau di luar (drying yard).

Penumpukan kayu dapat dilakukan secara berdiri (tumpukan silang, tumpukan sandar) dan secara horisontal (tumpukan sejajar, tumpukan persegi, tumpukan zig-zag). Cara penumpukan mana yang dipilih antara lain tergantung kepada dari kayu yang akan dikeringkan.

Ciri tumpukan sejajar, yaitu ada ruang (kolong) minimal 50 cm, pada bagian atas tumpukan terdapat atap seng atau kayu, ada ganjal, tumpukan miring ke luar kira-kira 10°.

Tumpukan vertikal tidak beratap, karena itu cocok hanya untuk kayu yang tidak mudah retak atau pecah dan yang mudah diserang jamur.

Untuk kayu bantalan cara tumpukan persegi banyak terjadi persentuhan di permukaan kayu, sehingga pengeringan berjalan lambat, karena itu tidak cocok untuk kayu yang mudah diserang jamur. Sebaliknya pada tumpukan zig-zag bidang sentuh menjadi kecil dan karena letak kayu miring tidak terjadi endapan air.

Pada tumpukan kayu segitiga diperlukan halaman pengeringan yang luas.

Di samping itu pengeringan dapat berlangsung cepat kecuali pada bagian yang bersentuhan, sehingga bagian ini sering diserang jamur.

B. PENGERINGAN KAYU DALAM DAPUR PENGERING

Secara umum ada dua tipe dapur pengering, yaitu tipe kamar dan tipe terowongan. Dalam praktek tipe dapur pengering yang lazim digunakan adalah tipe kamar dengan kipas dalam. Di samping itu telah banyak digunakan dapur pengering dengan kipas samping.

Urutan pekerjaan yang penting pada pengeringan dalam dapur pengering adalah penumpukan, pembuatan contoh pengamatan, penentuan kadar airnya dan pengawasan suhu serta lembab nisbi udara sesuai dengan bagan pengeringan yang digunakan.

Hampir dalam setiap proses pengeringan terjadi apa yang disebut pengerasan kulit pada kayu yang dikeringkan. Hal ini dapat terjadi apabila kayu yang masih basah dikeringkan terlalu cepat, sehingga pada bagian permukaan kayu terjadi pengerasan yang menimbulkan tegangan dalam kayu.. Pengerasan kulit ini dapat dilihat dengan alat garpu uji.

Kayu yang telah selesai dikeringkan dalam dapur pengering hendaknya disimpan dalam gudang atau ruang yang tertutup, sehingga terlindung dari pengaruh cuaca, dan kayu hendaknya ditutup dengan terpal atau plastik.

2.3.2. Klasifikasi bahan bangunan kayu

Jenis-jenis kayu yang ada di Indonesia menurut LPHH di Bogor dapat dinilai menurut keawetan dan kekuatannya, serta tingkat pemakaiannya.

A. TINGKAT KEAWETAN KAYU

Kriteria untuk menentukan keawetan kayu adalah daya tahan kayu terhadap serangan-serangan serangga, rayap, binatang-binatang kecil lainnya, serta pengaruh faktor lingkungan sekelilingnya seperti panas, hujan, penumpukan dan lain-lain.

Penelitian yang dilakukan untuk *pengujian kayu* yang digunakan adalah:

- Kayu diletakkan di tanah yang lembab.
- Kayu diletakkan di tempat yang terlindung dan dicegah masuknya air.
- Kayu ditempatkan di tempat yang terlindung.
- Kayu ditempatkan di tempat yang terlindung serta terpelihara.
- Kayu terserang rayap.
- Ketahanan kayu terhadap serangan serangga dan binatang kecil lainnya.

Dengan kriteria di atas dapat digolongkan pada 5 (lima) tingkat keawetan sebagai berikut :

TABEL II **Klasifikasi Kayu berdasarkan tingkat keawetannya.**

Tingkat	1	2	3	4	5	6
I	8 tahun	20 tahun	tak ter-batas	tak ter-batas	tidak	tidak
II	5 tahun	15 tahun	tak ter-batas	tak ter-batas	tidak	tidak
III	3 tahun	10 tahun	lama	tak ter-batas	agak cepat	tidak
IV	singkat sekali	beberapa tahun	10 – 20 tahun	20 tahun	cepat sekali	tidak berbahaya
V	singkat sekali	singkat sekali	singkat sekali	max. 20 tahun	cepat sekali	cepat sekali

B. TINGKAT KEKUATAN KAYU DAN TEGANGAN IJIN KAYU

Kriteria penggolongan kekuatan kayu didasarkan pada kekuatan lentur, kekuatan tekan dan berat jenis. Ke tiga sifat ini sangat dipengaruhi oleh kadar air kayu. Di mana kekuatan kayu akan sebanding dengan kekerasan, yang juga akan berbanding lurus dengan berat jenisnya.

LPHH (Lembaga Pusat Penyelidikan Kehutanan) menklasifikasikan kayu menurut berat jenisnya untuk jenis-jenis kayu yang didapatkan di Indonesia dalam lima kelas kuat yaitu :

TABEL III **Klasifikasi kayu berdasarkan kekuatan**

Kelas kuat	Berat jenis	Kekuatan lentur absolut (kg/cm^2)	Kekuatan tekan sejajar serat absolut (kg/cm^2)
I	⩾ 0.90	⩾ 1100	⩾ 650
II	0.90 – 0.60	1100 – 725	650 – 425
III	0.60 – 0.40	725 – 500	425 – 300
IV	0.40 – 0.30	500 – 360	300 – 215
V	< 0.30	< 360	⩽ 215

Sumber : LPHH

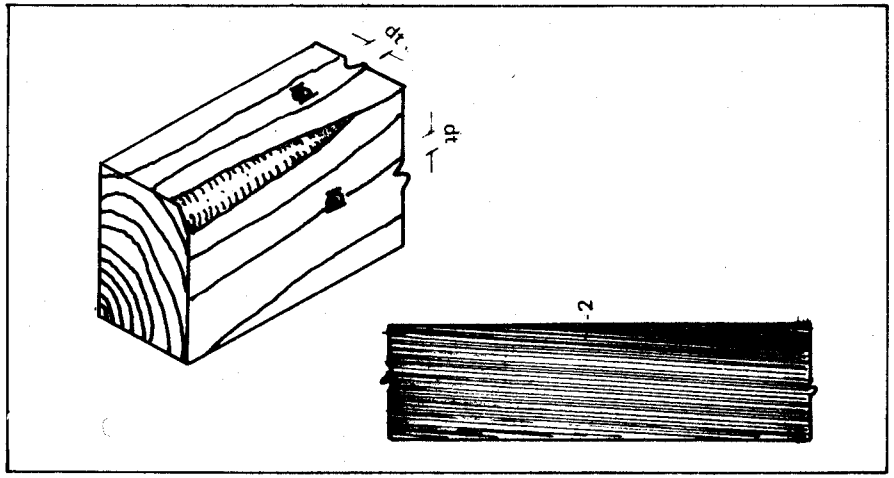
Penggunaan konstruksi untuk bahan kayu, hendaknya kayu yang dipergunakan bersifat baik atau bermutu baik. Mutu kayu dapat dibedakan dalam dua macam mutu kayu yaitu Mutu A dan Mutu B.

Kriteria *mutu kayu A* ialah kayu yang memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

a. Kayu harus kering udara
b. Besarnya mata kayu tidak melebihi 1/6 dari lebar balok dan juga tidak boleh lebih dari 3,5 cm (Gambar 1-6a).
c. Balok tidak boleh mengandung manvlak yang lebih besar dari 1/10 tinggi balok (Gambar 1-6b).
d. Miring arah serat tg tidak boleh lebih dari 1/10
e. Retak-retak dalam arah radial tidak boleh lebih dari ¼ tebal kayu dan retak-retak menurut lingkaran tumbuh tidak boleh melebihi 1/5 tebal kayu.

Sedangkan *kayu bermutu B* tidak termasuk dalam kelas mutu A tetapi memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

a. Kadar air kayu 30%
b. Besar mata kayu tidak melebihi 1/4 dari lebar balok dan juga tidak boleh lebih dari 5 cm.
c. Balok tidak boleh mengandung manvlak yang lebih besar dari 1/10 tinggi balok
d. Miring arah serat tg tidak boleh lebih besar dari 1/7



Gambar 1-6 ***Kayu mutu A dan mutu B.***

e. Retak-retak dalam arah radial tidak boleh lebih dari 1/3 tebal kayu dan retak-retak menurut lingkaran tumbuh tidak boleh melebihi 1/4 tebal kayu.

Dengan persyaratan-persyaratan mutu itu dapat ditentukan angka-angka tegangan yang diperkenankan seperti tabel di bawah ini.

TABEL IV **Tegangan yang diperkenankan untuk Kayu Mutu A.**

	Kelas kuat					Jati Tectona grandis
	Kl. I	Kl. II	Kl. III	Kl. IV	Kl. V	
$= \bar{\delta}_{lt}$ (kg/cm²)	150	100	75	50	–	130
$\bar{\delta}_{tk} = \bar{\delta}_{tr}//$ (kg/cm²)	130	85	60	45	–	110
$\bar{\delta}_{tk\perp}$(kg/cm²)	40	25	15	10	–	30
$\bar{\tau}$ // (kg/cm²)	20	12	8	5	–	15

TABEL V **Korelasi Tegangan yang diperkenankan untuk Kayu Mutu A**

$\bar{\delta}_{lt} = 170\ g$)

$\bar{\delta}_{tk}// = \bar{\delta}_{tr}// = 150\ g$) g = berat jenis kayu kering udara

$\bar{\delta}_{tk} = 40\ g$)

$\bar{\tau}// = 20\ g$)

Keterangan :

Yang dimaksud dengan :

$\bar{\delta}_{lt}$ = tegangan izin untuk lentur

$\bar{\delta}_{tk//}$ = tegangan izin sejajar serat untuk tekan

$\bar{\delta}_{tr//}$ = tegangan izin sejajar serat untuk tarik

$\bar{\delta}_{tk\perp}$ = tegangan izin tegak lurus untuk tekan

$\bar{\tau}//$ = tegangan izin sejajar serat untuk geser.

Pengaruh keadaan konstruksi dan sifat muatan terhadap tegangan yang diperkenankan :

1. Tegangan-tegangan yang diperkenankan dalam daftar di atas harus digandakan dengan :

a. *faktor 2/3*
   - untuk konstruksi yang selalu terendam dalam air.
   - untuk bagian konstruksi yang tidak terlindung dan kemungkinan besar kadar air kayu akan selalu tinggi.

b. *faktor 5/6*
   - untuk konstruksi yang tidak terlindung, tetapi kayu itu dapat mengering dengan cepat

2. Tegangan yang diperkenankan dalam daftar boleh digandakan dengan *faktor 5/4*
   a. untuk bagian konstruksi yang tegangannya diakibatkan oleh muatan tetap dan muatan angin
   b. untuk bagian-bagian konstruksi yang tegangannya diakibatkan oleh muatan tetap dan muatan tidak tetap.

C. TINGKAT PEMAKAIAN KAYU

Kriteria untuk menentukan tingkat pemakaian ini dikategorikan berdasarkan kemampuan kayu sebagai bahan bangunan untuk konstruksi.

Dari kriteria ini diperoleh 5 (lima) tingkat pemakaian yaitu :

- Penggunaan kayu sebagai bahan untuk konstruksi berat dan tidak terlindung tanah lembab.
- Untuk konstruksi berat dan terlindung.
- Untuk konstruksi ringan dan terlindung.
- Untuk pekerjaan sementara.

D. JENIS DAN PENGGUNAAN KAYU BANGUNAN

Penggunaan bahan kayu beberapa di antaranya :

1) Jati

Pohon jati yang terdapat di Indonesia, umumnya di pulau Jawa dan Madura, berasal dari India dan Burma. Warna kayu tergantung pada jenisnya.

- *Jati-kembang*, warna kayu coklat atau coklat-muda, seratnya tidak lurus, dan bila kayu diketam bentuk urat seperti kembang/bunga.
- *Jati-minyak*, warna kayu coklat-tua, seratnya agak lurus, hasil ketaman mengkilap seperti berminyak.
- Ja
- *Jati-doreng*, warna kayu coklat-muda, seratnya tidak lurus dan

muka hasil ketaman memperlihatkan garis-garis memanjang yang warnanya coklat-tua kehitaman.

Jati-kapur, warna kayu coklat-muda, seratnya agak lurus dan pori-porinya mengandung kapur.

Kekuatan kayu termasuk klas-kuat II. Dapat digunakan untuk macam-macam pekerjaan kayu dan sebaiknya digunakan untuk pekerjaan yang nantinya tidak ditutup oleh cat. Keawetan kayu termasuk klas - awet I, berat jenis rata-rata 0,70.

Jati gelondongan, yang penampangnya hampir bulat dan tanpa cacad, adalah untuk keperluan ekspor dan yang lainnya untuk diperdagangkan di dalam negeri.

2) Koromandel ("Coromandel").

Nama lain adalah "Ebony", kayu-hitam atau kayu-arang. Warnanya ungu dengan garis-garis hitam memanjang. Pohon ini banyak terdapat di Sulawesi dan kepulauan Maluku. Kekuatan kayu maupun keawetan kayu termasuk klas I dan berat jenis rata-rata 1,05.

Seratnya dapat dikatakan lurus, kayunya baik guna pembuatan mebel atau perabot rumah tangga, benda-benda kerajinan yang dibubut dan patung.

3) B e d a r u

Kayu jenis ini di Kalimantan dan Riau disebut juga bederu, di Palembang : garu-buaya dan Sumatera Barat dan Bengkulu tusam. Warnanya merah-muda kekuning-kuningan. Kekuatan dan keawetan termasuk klas I dan berat jenis rata-rata 1,04. Sangat baik guna pembuatan konstruksi kayu yang berat dan yang membutuhkan keawetan.

4) U l i n

Di Kalimantan dan di Palembang juga disebut kayu-besi. Kadang-kadang juga disebut onglen, bulian, belian, Warnanya coklat-kuning dan lama kelamaan menjadi coklat-tua dan hitam. Kekuatan dan keawetan termasuk klas I dan berat jenis rata-rata 1,04.

Karena kayunya keras dan liat, dapat digunakan untuk tiang fondasi, gelagar-gelagar, tiang-rumah, lantai kayu dan sirap. Untuk tiang-tiang yang dipancangkan dekat laut kayu ini tidak cepat rusak oleh cacing-tiang dibandingkan dengan kayu jenis lain.

5) Sonokeling

Warna kayu ungu-tua dan banyak terdapat di pulau Jawa. Kekuatannya termasuk klas II, keawetannya termasuk klas I, dan berat jenis rata-rata 0,90. Kebanyakan hanya digunakan untuk pembuatan mebel dan patung serta untuk pembuatan tangkai pisau.

6) Sawo-kecik

Nama ini di Jawa. Di Gorontalo disebut : timbuwalo dan di Poso: komea. Warna kayu : ungu-tua. Kekuatan dan keawetan kayu termasuk klas I dan berat jenis rata-rata 1,03. Banyak digunakan untuk pembuatan patung, benda yang dibubut, tangkai alat perkakas dan rumah - ketam - tangan.

7) M e r b a u

Warna kayu coklat-muda. Di Kalimantan Selatan dan di Kalimantan timur disebut : anglai dan di Maluku : bayam. Kekuatan dan keawetannya termasuk klas I – II dan berat jenis rata-rata 0,80. Kayunya baik untuk digunakan sebagai gelagar-gelagar, tiang-tiang rumah, bantalan rel kereta api, untuk pembuatan perahu dan perabot rumah-tangga.

8) K r a n j i

Warna kayu coklat, kekuatannya termasuk klas I dan berat jenis rata-rata 0,93. Kayunya cukup baik untuk pekerjaan konstruksi berat.

9) Bangkirai

Warna kayu coklat-muda. Nama lain di Kalimantan : benua, benuas dan enggelam. Kekuatan dan keawetannya termasuk klas I – II, dan berat jenis rata-rata 0,91. Bangkirai dapat digunakan untuk segala macam konstruksi kayu yang membutuhkan keawetan serta dengan beban cukup berat. Juga dapat digunakan untuk mebel bangunan kapal (perahu).

10) B a l a u

Warna kayu coklat-tua. Nama-nama menurut daerah, Sumut : damar-laut, Aceh : simantok, Sumbar : rikir, Riau : dan Kalbar : balau, Palembang : kedawang, Sulteng : pooti, Kalimantan : enggelam.

Kekuatannya termasuk kelas I – II, keawetannya termasuk klas I dan berat jenis rata-rata 0,98. Dapat digunakan untuk semua konstruksi kayu yang membutuhkan keawetan serta dengan beban cukup berat. Juga dapat dipakai untuk bantalan rel kereta api, perahu layar.

11) R e n g a s

Nama lain : ingas. Di Tapanuli disebut : rangai dan di Kalimantan Tenggara : ingka. Warna kayu coklat-muda agak merah jambu. Kekuatan kayu termasuk klas II, keawetan klas II dan berat jenis rata-rata 0,69. Baik untuk pekerjaan mebel atau perabot rumah-tangga, rangka perahu.

12) Belangeran

Nama ini umum dalam perdagangan di Bangka, Biliton, dan di Kalimantan Timur/Kalimantan Selatan disebut : kahoi, Warna kayu coklat-tua. Kekuatan kayu termasuk klas I – II, keawetan kelas I – III dan berat jenis rata-rata 0,86. Kayu ini muntir atau mengeliat bila menyusut, maka hanya dapat digunakan un-

PERPUSTAKAAN WILAYAH DEP. P DAN K
Jl. Walikota Mustajab. 68
SURABAYA

tuk konstruksi-rangka seperti kuda-kuda dan jembatan.

13) Gadog

Nama lain di Pasundan adalah kimahung dan di Jateng gintungan. Warna kayu ungu, kekuatan kayu termasuk klas I – III, dan berat jenis rata-rata 0,75. Bila menyusut memuntir dan merengkeh. Kayu ini hanya baik untuk konstruksi-rangka.

14) Weru

Di Jabar disebut kihiyang dan di Jateng/Jatim : Weru-wangkal atau tekik. Warna kayu abu-abu-muda agak ungu. Kekuatannya termasuk klas I – II, keawetannya termasuk klas II. Berat jenis rata-rata 0,77. Suka mengeliat dan melengkung dalam penyusutannya. Kayunya mudah dikerjakan, baik untuk perumahan rakyat.

15) Teraling

Nama ini dari daerah Riau. Warna kayu merah-muda agak keabu-abuan. Kekuatannya termasuk klas II (– – II), keawetannya termasuk klas II – IV, dan berat jenis rata-rata 0,75. Kayunya liat dan kuat lenturnya cukup besar. Baik untuk digunakan sebagai gelagar dan papan-papan.

16) Rasamala

Di Jabar kayu ini merupakan bahan utama. Di Sumut disebut pulasan atau tulasan. Warna kayu coklat-tua agak ungu. Kekuatannya termasuk klas II, keawetannya termasuk klas II – III, berat jenis rata-rata 0,81. Kayunya suka memuntir dan mengeliat, jadi hanya untuk konstruksi rangka.

17) Linggua/Sonokembang

Di Jateng disebut : angsana atau sonokeling, di Maluku : linggua, di Filipina : nara dan di Andaman dan Burma : padauk, warna kayu : merah-muda. Kekuatan maupun keawetannya termasuk klas II dan berat jenis rata-rata 0,55. Baik untuk mebel atau perabot rumah tangga dan bangunan rumah.

18) Cempaka

Di Jabar disebut : manglid atau baros, di Jateng cempaka dan di Sumatera : medang. Warna kayu coklat-kekuning-kuningan. Kekuatan kayu termasuk klas III dan keawetannya klas II, berat jenis rata-rata 0,53. Baik untuk segala macam pekerjaan kayu, tetapi tidak untuk memikul beban berat.

19) Bugis

Di Menado kayu ini disebut kayu bugis atau wokhis, di Sulawesi : hopi dan di Kalimantan Utara : rangu. Warna kayu coklat-muda. Kekuatan kayu termasuk klas II – III dan keawetan klas III – IV. Berat jenis rata-rata 0,80. Untuk pekerjaan konstruksi berat harus diawetkan lebih dahulu atau dicat. Bagus

untuk pembuatan mebel atau perabot rumah-tangga, apalagi kalau dengan sistem penggergajian - kwarter, papan kayu, setelah diketam halus, terlihat bagus.

20) Kempas

Nama lain dalam perdagangan : menggeris. Warna kayu coklat-muda agak merah-jambu. Kekuatan kayu termasuk klas I – II tetapi keawetannya klas III – IV berat jenis rata-rata 0,95. Kayunya sangat keras, sehingga sukar pengerjaannya. Bila telah diawetkan secara impregnasi sangat cocok untuk bantalan rel kereta api.

21) Rasak

Warna kayu abu-abu muda, kekuatannya termasuk klas III. Baik untuk pelaksanaan konstruksi ringan dan harus diawetkan (di cat atau disulinum). Berat jenis rata-rata 0,70.

22) Keruing

Di Sumatera disebut lagan, di Kalimantan kruen atau tampudau dan di Jateng/Jatim : palahlar. Warna kayu : coklat agak muda. Kekuatan kayu termasuk kelas I – II dan keawetan klas III berat jenis rata-rata 0,79. Setelah diawetkan secara impregnasi, dapat digunakan untuk pelaksanaan pekerjaan konstruksi berat, lantai, bangunan perahu, bantalan rel kereta api.

23) Kosambi/Kesambi

Kebanyakan tumbuh di pulau Jawa. Warna kayu : abu-abu muda agak ungu. Kekuatannya termasuk klas I dan keawetannya klas III berat jenis kayu rata-rata 1,01. Kayu cukup keras. Bagus untuk dibuat pasak pada sambungan kayu. Oleh rakyat biasa digunakan untuk pembuatan arang.

24) Puspa

Warna kayu coklat. Di Palembang disebut : seru. Kekuatan kayu termasuk klas II, keawetan klas III, berat jenis rata-rata 0,69. Kayu suka memuntir dan hanya baik untuk pekerjaan konstruksi yang ditutup dengan bahan pengawet.

25) Merawan

Di Sumatera disebut merawan atau mengerawan, di Kalimantan : bangkirai-bulan, nyerekat dan damar-putih. Kekuatan kayu termasuk klas II – III, keawetan klas II – III dan berat jenis rata-rata 0,70. Kayu baik untuk konstruksi bangunan rumah.

26) Warugunung

Nama-nama lain adalah waru laut atau warulot. Warna kayu ungu-muda. Kekuatan maupun keawetannya termasuk klas III dan berat jenis rata-rata 0,50. Kayu mempunyai sifat liat cukup baik dan sangat cocok untuk pembuatan tangkai pacul, kapak dan perkakas lain.

27) Agatis

Juga disebut damar dalam perdagangan. Warna kayu merah muda agak keabu-abuan, kekuatan kayu termasuk klas III dan keawetan klas IV, berat jenis rata-rata 0,47. Kayu ini merupakan bahan untuk papan, peti, vinir ("verneer") sebagai bahan triplex ("plywood"), korek api, dan juga untuk kertas.

28) Duren atau Durian

Kayu ini warnanya abu-abu muda agak merah-muda. Kekuatan termasuk klas II – III dan keawetan klas IV – V, berat jenis rata-rata 0,64. Kayunya baik untuk papan-papan, perumahan rakyat, bahan peti. Bila digergaji dengan sistem penggergajian kwarter, diperoleh muka kayu yang bagus, sehingga baik untuk pembuatan mebel murah.

29) Meranti

Jenis ini meliputi 2 macam, ialah meranti-putih yang warna kayunya putih mangkak dan meranti merah yang warna kayunya merah muda agak abu-abu. Kegunaan kayu cukup banyak, tetapi harus disesuaikan dengan berat ringannya meranti. Yang berat dapat digunakan untuk konstruksi ringan yang dilapis dengan bahan pengawet. Dapat juga untuk dibuat perabot rumah tangga dan untuk bahan vinir dan peti, berat jenis meranti putih 0,29, berat jenis meranti merah 0,29 – 1,09. Kekuatan termasuk klas II s/d IV dan keawetannya klas II – III.

30) Sintok

Warna kayu hampir sama dengan meranti merah, hanya berbeda pada pori-porinya. Pada sintok pori-pori lebih kecil. Pada kayu sintok terdapat dua jenis, jenis berat dan jenis ringan. Jenis berat, berat jenis kayu 0,61 s/d 1,01, rata-rata 0,74, kekuatan termasuk klas I – II dan keawetan klas III. Jenis ringan, berat jenis kayu 0,46 s/d 0,71, rata-rata 0,59, kekuatan termasuk klas II – III dan keawetan klas IV. Sintok dapat digunakan untuk pekerjaan konstruksi yang dilapis dengan bahan pengawet dan untuk papan lantai.

31) Gerunggang

Pohon banyak tumbuh di Sumatera dan Kalimantan. Warna kayu merah-muda agak coklat. Kekuatan kayu termasuk klas III – IV dan keawetannya klas IV, berat jenis rata-rata 0,47. Baik digunakan untuk pekerjaan konstruksi ringan yang dilapis dengan bahan pengawet dan papan-papan.

32) Surian

Surian adalah nama perdagangan di Jabar dan umumnya di Sumatera. Di daerah Batak disebut ingul dan di Menado lalumpa. Warna kayu merah-muda agak keabu-abuan, berat jenis kayu rata-rata 0,41, kekuatannya termasuk klas III – IV dan keawetannya klas III – IV. Kayu sangat baik untuk peti-peti serutu.

33) Melur

Buahnya berbentuk "conifer" sehingga pohon jenis ini dapat digolongkan pohon-pohon berdaun jarum. Pada jenis ini terdapat 2 macam. Macam pertama, warna kayu kuning merah muda di Jabar disebut kimerak, kibima, di Jateng dan di Sumbar disebut : taji. Macam kedua, warna kayu kuning, di Jabar disebut jamuju, kicemara, kiputri dan di Jateng kayu aur atau taji. Kekuatan kayu termasuk klas III dan keawetan klas IV, berat-jenis rata-rata 0,52. Mudah dikerjakan dan baik untuk mebel atau perabot rumah-tangga dan pekerjaan konstruksi ringan yang dilapis dengan bahan-pengawet.

34) Balam

Warna kayu merah-muda keabu-abuan. Pada jenis ini terdapat 2 macam, yang kekuatannya dan berat jenisnya juga berbeda.

Macam pertama disebut : balam - seminai di Palembang dan di Riau disebut: bitis. Kekuatan kayu termasuk klas I, berat jenis rata-rata 1,04%.

Macam kedua disebut : balam (nyatoh). Di daerah Batak disebut : balam, suntai, ketiau, mayang ; di Riau dan Bengkalis disebut : bengku atau semarang; di Kalteng disebut : hangkang atau sambun, berat jenis kayu 0,39 – 1,07 rata-rata 0,67. Kekuatan tergantung berat jenis termasuk klas I – III. Keawetan kayu termasuk klas II – III. Kayunya baik untuk dibuat vinir (bahan kayu lapis) dan perabot rumah tangga. Untuk pekerjaan konstruksi harus dilapis dengan bahan pengawet.

35) Terentang

Warna kayu abu-abu-muda, berat jenis rata-rata 0,40 kekuatan termasuk klas III – IV dan keawetan klas V. Kayu baik untuk bahan peti dan dapat pula untuk bahan kertas.

36) Jeungjing

Di Jabar selain jeungjing juga disebut albisia dan di Jateng disebut sengon. Warna kayu merah muda keabu-abuan. Berat jenis kayu rata-rata 0,33, kekuatan termasuk klas IV – V dan keawetan termasuk klas IV – V. Kayu ini bagi rakyat merupakan bahan kayu yang murah untuk pembuatan pekerjaan konstruksi ringan atau konstruksi rumah rakyat yang dilapis dengan bahan pengawet. Kebanyakan pula kayu ini dijadikan papan-papan bahan peti atau vinir.

37) Saninten

Kayu jenis ini di Jabar juga disebut : kihiur, tunggereuk atau barangan. Warna kayu abu-abu agak kuning. Kekuatan termasuk klas II dan keawetan termasuk klas III. Dapat digunakan untuk segala macam konstruksi yang dilapis dengan bahan pengawet. Berat jenis rata-rata 0,76.

38) Mahoni

Dalam perdagangan juga disebut mahoni-daun-kecil. Warna kayu cok-

lat-coklat muda. Kekuatan kayu termasuk klas II/III keawetan termasuk klas III dan berat jenis rata-rata 0,64. Kayunya baik untuk mebel dan vinir sebagai bahan kayu lapis.

39) Walikukun

Kayu ini mempunyai kekuatan termasuk klas I, keawetan klas II dan berat jenis rata-rata 0,98, pada pengeringan mengeliat dan melengkung. Kayunya liat dan baik untuk dibuat tangkai alat dan perkakas dan rumah ketam tangan. Untuk digunakan sebagai papan bunyi piano harus dibuat dalam 3 lapis dari tebal 1 cm.

40) Cemara

Kayunya sukar dikerjakan dan suka memuntir (mengeliat). Klas awet II – III dan klas kuat I – II, berat jenis 0,79 – 1,16 rata-rata 1,02.

2.4. Pengawetan Kayu

Pengawetan kayu adalah suatu cara untuk mempertinggi keawetan kayu yaitu dengan cara-cara melebur dengan berbagai macam minyak mengasap, merendam di dalam lumpur atau berbagai macam air selama beberapa minggu, bulan atau tahun. Usaha-usaha tersebut di atas tidak berhasil dengan baik, karena belum diketahui apa yang sebenarnya yang menyebabkan kayu itu menjadi rusak. Setelah diketahui bahwa faktor utama dari pada kerusakan kayu itu disebabkan oleh berbagai macam cendawan dan serangga, barulah menjadi jelas, bahwa untuk melindunginya, kayu itu harus diawetkan dengan bahan-bahan yang beracun terhadap mahluk-mahluk perusak tersebut.

Definisi yang dimaksud dengan keawetan kayu adalah daya tahan kayu terhadap faktor-faktor perusak yang datangnya dari luar seperti cendawan (jamur), serangga (di antaranya yang terpenting rayap dan bubuk) dan beberapa jenis cacing laut.

Mahluk hidup ini merusak kayu dan dipergunakan sebagai makanan dan atau tempat tinggalnya. Semakin parah kerusakannya, semakin rendah kekuatan mekanik dari kayu.

2.4.1. Kerusakan kayu

Cendawan (jamur, fungsi), ialah tumbuh-tumbuhan yang bermartabat rendah dan tidak mempunyai zat hijau (chloropyl) untuk asimilasi, karena itu hidupnya dari bahan-bahan organik sebagai parasit dan saprophyt. Pada umumnya dapat mudah tumbuh di tempat yang lembab.

2.4.2. Rayap adalah penghuni-penghuni daerah panas (tropis dan sub tropis)

Hidupnya selalu menghindarkan sinar matahari. Oleh karenanya, penyerangan di dalam kayu seringkali diketahui setelah kerusakan dalam kayu cukup

berat. Berdasarkan cara tempat hidupnya yang sangat berbeda, rayap dapat dibagi ke dalam 2 (dua) kelompok yaitu rayap kayu kering dan rayap tanah.

Penyerangan rayap kayu kering dapat dikenal dari struktur kayu yang menjadi tidak rata dan meninggalkan kotoran-kotoran berbentuk butiran-butiran kecil seperti telur kodok (poppy pellets). Kayu yang dirusak oleh rayap tanah mempunyai struktur berlubang seperti bentuk akar tanaman dari bawah ke atas.

2.4.3. Bubuk perusak kayu

Dapat kita bagi ke dalam bubuk kayu kering dan bubuk kayu basah.

Bubuk kayu kering menyerang kayu-kayu yang telah kering sedangkan kayu basah menyerang yang basah atau pohon yang masih hidup. Penyerangannya dapat dikenali atau diketahui dengan adanya lubang-lubang kecil sebesar kurang lebih lubang jarum.

2.4.4. Cacing laut

Yang terkenal berbahaya adalah dari jenis : Turedo, yang mempunyai ukuran kurang lebih garis tengah 1 cm dan panjang 20 cm. Hidupnya hanya di air laut dan di daerah panas.

Kayu yang dirusaknya terlihat bekas-bekasnya seperti lubang bor dan kayu kapal misalnya dapat menjadi bocor karenanya.

2.4.5. Klasifikasi menurut sifat keawetan kayu

Seperti dijelaskan di halaman terdahulu. Kayu di Indonesia dibagi dalam 5 (lima) kelas awet, dimulai dari kelas awet I yang paling awet sampai dengan kelas awet V yang paling tidak awet (lihat Tabel 1).

Yang diambil patokan untuk menetapkannya adalah kayu bagian terasnya dan bukan gubalnya. Tinggi rendahnya sifat keawetan kayu tergantung terutama dari beracun atau tidaknya sifat zat-zat yang berbeda di dalam kayu (extractives). Antara berat jenis dan sifat keawetan tidak ada korelasi yang berarti kayu yang berat jenisnya besar belum berarti sifat keawetannya harus tinggi pula dan keadaan sebaliknya.

2.4.6. Proses pengawetan kayu

Untuk memperbesar sifat keawetan kayu dilakukan suatu tindakan/ proses pengawetan kayu dengan tujuan kayu tersebut memiliki daya tahan yang lama di dalam penggunaan.

Caranya dengan memberikan (memasukkan) bahan racun kepada kayu, sebagai pelindung terhadap serangan mahluk-mahluk perusak tersebut di atas.

Yang dianjurkan diawetkan ialah semua kayu-kayu dari kelas-kelas awet V, IV dan III juga kayu-kayu dari kelas awet II dan I yang masih muda (Contoh Jati yang diperoleh dari hasil penjarangan).

Faktor keuntungan dari pengawetan kayu :

1. Kayu-kayu yang telah diawetkan dapat 2-20 kali lebih awet dari pada yang sama sekali tidak diawetkan, tetapi masih tergantung dari berbagai faktor.
2. Jenis-jenis kayu yang semula kurang atau tidak awet, di mana pohon-pohonnya biasanya tumbuhnya cepat dan terdapat banyak di mana-mana akan menjadi awet. Dan dapat mengganti kayu-kayu yang sifatnya awet di mana biasanya pohon-pohonnya tumbuhnya lambat dan karenanya tidak terdapat dalam jumlah yang banyak. Ini berarti bahwa penggunaan sumber alam menjadi lebih efisien.
3. Dapat mempertahankan nilai kayu ekspor untuk jangka waktu tertentu.
4. Percobaan menunjukkan dapat menghemat pembiayaan pembangunan, walaupun permulaannya perlu mengeluarkan biaya-biaya pengawetan, pengangkutan dan sebagainya (memerlukan investasi modal yang cukup besar).

2.4.7. Bahan-bahan pengawet kayu

A. FAKTOR-FAKTOR PENGGUNAAN BAHAN PENGAWET

Pilihan akan jenis bahan pengawet kayu yang akan dipakai dalam proses pengawetan kayu, perlu diperhatikan beberapa faktor dari bahan pengawet itu sendiri yaitu daya racunnya terhadap mahluk perusak kayu; sifat permanen dari bahan pengawetnya; daya penetrasi dari bahan pengawet ke dalam kayu; keselamatan kerja di dalam proses penggunaannya; tidak merusak kayu dan barang-barang berupa logam/metal; mudah didapat; ekonomis; tahan api; tidak kotor; berubah warna; berbau, tidak memiliki sifat daya mengembang; tidak menyerap uap air dan tidak berbahaya untuk penghuni.

B. BAHAN PENGAWET

Bahan
- bahan pengawet kayu ada 3 (tiga) tipe yaitu :
- tipe A yang larus dalam air.
- tipe B yang larus dalam minyak dan
- tipe C yang berupa minyak.

Tipe A yang larus dalam air

Terdiri dari garam-garam organis seperti: Arsen, tembaga, Seng, Boron, Flour, Chrom, dan lain-lain dari berbagai macam komposisi dan perbandingan. Contoh nama dagang garam-garam : Wolman, Celcure, Tanalith, Ascu, Rentokii,

Horticel, Hickson dan lain-lain.

Tipe B yang larut dalam minyak

Yang dipakai biasanya garam-garam: Pentachlorophenol, Copper atau Zene - Naphtenate, Dieldrien, Chlordane, Aldrin dan lain-lain.

Bahan pelarutnya dapat berupa : minyak tanah, solar, minyak bakar (fuel oil), spirtus, resex dan sebagainya. Contoh nama dagang : Penta, Dowicide, Rentokil, Restol, Anticelbor, Curprinol, Solignum, Xylanon, Brunophen, Pendrex dan lain-lain.

Tipe C yang berupa minyak

Dalam tipe ini termasuk Creosote dan Carbolineum.

Creosote adalah suatu hasil sampingan dari pabrik gas arang batu dan telah lama terkenal kemanjurannya sebagai bahan pengawet kayu. Karena mahalnya, biasanya Creosote pada pemakaiannya dicampur lagi dengan bahan pelarut untuk tipe II. Juga karena baunya biasanya Creosote hanya dipakai untuk mengawetkan kayu-kayu dengan tujuan penggunaan di luar (exterior) seperti untuk tiang-tiang transmisi (listrik, telephone dan lain-lain), jembatan, pagar, dan sebagainya atau juga untuk kayu mati.

C. PERSIAPAN KAYU YANG AKAN DIAWETKAN

Agar dicapai hasil pengawetan dengan sebaik-baiknya kayu-kayu akan diawetkan perlu ada dalam keadaan :

- Bebas dari serangan organisme perusak,
- Bebas kulit dan kotoran kayu,
- Kering udara (kadar air ± 20 % – 25 %),
- Telah siap untuk dirakit atau dapat pula yang telah dirakit.

Kayu ini tidak akan dipotong-potong, diserut dan sebagainya lagi. Bila pada waktu pemasangan, ternyata pemotongan tidak dapat dihindarkan dan timbul permukaan-permukaan baru yang tidak mengandung bahan pengawet, maka permukaan-permukaan ini harus diawetkan lagi, misalnya dengan cara-cara pelumasan, pencelupan dan sebagainya. Bila perlu, permukaan kayu digores-gores (incised) agar dapat diperoleh peresapan bahan pengawet yang lebih dalam masuknya ke dalam kayu. Untuk ini biasanya ada alatnya yang khusus.

D. CARA-CARA PENGAWETAN

Anjuran-anjuran atau pelaksanaan cara-cara pemakaian tiap-tiap bahan pengawet lazimnya telah ditetapkan oleh masing-masing produsennya sendiri dan biasanya disesuaikan terutama dengan :

- Daya racun dari bahan pengawet

- Jenis, sifat, keadaan dan ukuran dari kayu yang akan diawetkan
- Keadaan tempat pemasangan kayu yang direncanakan (tujuan pemakaian)
- Jenis-jenis penyerangnya yang mungkin akan timbul
- Perlengkapan alat-alat yang tersedia atau yang perlu disediakan
- Keamanan bagi manusia, hewan dan tanaman.

Sebelum melaksanakan pengawetan petugas harus memakai alat-alat keamanan seperti antara lain : sarung tangan karet, short-karet atau dari bahan lainnya dan tutup hidung.

Pemakaian tutup hidung sangat diperlukan pada waktu menimbang, mempersiapkan bahan pengawet dan pada proses rendaman panas.

Cara pengawetan dapat dilaksanakan dengan salah satu cara sebagai berikut:

1) *Pemulasan*

Dengan kuas biasa

2) *Penyemprotan*

Dengan alat penyemprot. Pada proses ini dapat diperoleh beberapa lapis bahan pengawet. Bila akan memperoleh 2 lapis, lapisan yang pertama harus kering dahulu sebelum lapisan yang kedua dipulaskan atau disemprotkan.

3) *Pencelupan*

Kayu dicelupkan sama sekali ke dalam larutan bahan pengawet beberapa sekon atau menit.

4) *Rendaman dingin*

Kayu direndam sama sekali ke dalam larutan bahan pengawet selama beberapa jam atau hari. Semakin lama hasilnya semakin baik.

5) *Rendaman panas*

Kayu direndam di dalam larutan bahan pengawet panas biasanya selama beberapa jam. Di dalam hal ini, suhu dari larutan harus diawasi dengan teliti agar molekul-molekul dari bahan pengawet tak terurai atau supaya tidak menimbulkan kebakaran. Biasanya untuk bahan pengawet yang larut dalam air diperlukan suhu antara 70° – 80° C dan untuk bahan pengawet tipe II dan III antara 80° – 100° C. Rendaman panas umumnya dapat memberikan hasil yang lebih baik dari pada rendaman dingin. Akan tetapi kerugiannya extractives dapat ke luar dan mengotori larutan dan bak besi dapat bereaksi dengan bahan pengawet.

6) *Rendaman panas/dingin*

Tujuan dari proses pemanasan di sini terutama untuk mengeluarkan udara dari sel-sel kayu sebanyak mungkin dan memperbesar ruangan-ruangannya agar

bahan pengawet dapat lebih mudah dalam masuk ke dalam kayu.

Di samping itu bila telah ada mahluk-mahluk perusak di dalam kayu besar kemungkinan mereka akan mati karena suhu. Cara ini ada 4 macam :

- Memasukkan kayu ke dalam larutan panas beberapa jam (1 – 3 jam) dan kemudian memindahkannya dengan segera dan memasukkannya ke dalam larutan dingin selama 10 – 24 jam.
- Memasukkan kayu ke dalam larutan panas beberapa jam dan kemudian apinya dipadamkan. Jadi di dalam proses ini hanya disediakan 1 bak saja dan kayu tidak dipindahkan dan terus direndam selama beberapa jam di dalam larutan yang akan menjadi dingin.
- Kayu dimasukkan ke dalam suatu bak, kemudian dimasukkan bahan pengawet panas ke dalamnya dan kayu terus direndam beberapa jam. Akhirnya bahan pengawet panas di pompa kembali ke dalam tangki penyimpanan dan diganti dengan larutan bahan pengawet dingin.
- Kayu dimasukkan ke dalam air panas, beberapa jam dan kemudian dengan segera dipindahkan ke dalam bak lain untuk direndam di dalam larutan bahan pengawet dingin.

Di dalam hal ini kepekatan (konsentrasi) dari larutan bahan pengawet agak perlu dipertinggi, misalnya 1½ atau dua kali dari pada proses-proses rendaman dingin lainnya. Airnya yang lama kelamaan menjadi kotor dengan mudah dapat diganti.

7) *Proses Vakum/Tekanan*

Untuk proses ini biasanya tersedia 2 buah silinder besi. Yang pertama diisi dengan larutan bahan pengawetan sebagai tempat penyimpanannya dan yang kedua tempat proses vakum/tekanan dilaksanakan.

Proses ini dibagi lagi ke dalam 2 macam proses :

- Proses Sel Penuh (Proses Bechtel) dan
- Proses sel Kosong (Proses Lowry dan Proses Rueping).

a) Proses Sel Penuh (Proses Bechtel)

1. Kayu dimasukkan ke dalam silinder pengawet dan kemudian ditutup yang rapat.
2. Vakum dibangkitkan antara 50 – 60 cm (26 – 76 cn Hg) selama 15 – 30 menit untuk membuang udara dari sel-sel kayu sebanyak mungkin.

3. Dengan segera larutan bahan pengawet dipompa ke dalam silinder pengawet hingga tekanan tak mampu lagi menaik atau sedemikian besarnya (biasanya antara 5-8 Atm) tanpa kayu menjadi kolaps (berobah bentuk). Tekanan ini terus dipertahankan antara ½ – 2 jam.
4. Kemudian larutan dipompa kembali sebanyak mungkin.
5. Selanjutnya vakum dibangkitkan selama lebih kurang 15 menit untuk diperolehnya kembali larutan bahan pengawet yang kelebihan dari sel-sel kayu.

b) Proses Sel Kosong (Proses Lowry)

1. Kayu dimasukkan ke dalam silinder pengawet dan kemudian tutup yang rapat.
2. Tanpa dibangkitkan vakum lagi terlebih dahulu seperti di atas, larutan bahan pengawet langsung dimasukkan ke dalam silinder pengawet dan terus ditekan seperti di atas.
3. Kemudian larutan dikembalikan lagi dan akhirnya dibandingkan vakum seperti di atas. Di dalam proses Lowry, udara yang masih berada dalam sel-sel kayu dengan sengaja tidak dikeluarkan dengan maksud agar nanti dapat menekan larutan bahan pengawet yang kelebihan ke luar.

Pada proses Reuping, setelah kayu dimasukkan ke dalam silinder pengawet, dibangkitkan tekanan udara hingga 3 – 5 Atmosfir dengan tujuan seperti pada proses Lowry. Proses vakum/tekanan memberikan hasil pengawetan yang sangat baik di dalam waktu yang relatip singkat.

Sering dipakai untuk mengawetkan kayu-kayu berat, seperti: bantalan-bantalan rel, perkapalan, tiang-tiang transmisi dan sebagainya.

8) *Pembalutan*

Cara ini khusus untuk mengawetkan kayu-kayu tiang transisi dan sebagainya, baik yang belum maupun yang telah dipasang. Bahan pengawetannya berupa pasta yang biasanya telah dilekatkan pada suatu pembalut yang tidak tembus air.

Caranya dengan membalutkan pasta tadi pada permukaan tiang kira-kira setengah meter di atas permukaan dan demikian pula kira-kira setengah sampai satu meter di bawahnya permukaan tanah.

Sistem jalannya pengawetan dengan cara difusi dan osmose dengan air dari tanah dan air hujan yang masuk ke dalam kayu. Sebelum pembalut dibalutkan, kayu harus dibersihkan dahulu, tetapi tidak perlu dikeringkan.

Catatan :

Karena sifat yang kental, pelaksanaan pengawetan dengan bahan pengawet

tipe II dan III dan pada umumnya, dilakukan pada suhu panas (80° – 100° C).

9) *Proses Boucherie*

Pada proses ini bahan cair di dalam kayu diganti dengan larutan bahan pengawet dari khusus tipe I (larut di air). Kayu yang biasanya diawetkan dengan proses ini adalah kayu-kayu gelondongan dari pohon-pohon yang baru ditebang dan masih basah.

Di dalam proses ini kulitnya jangan dibuang dahulu. Cairan bahan pengawet dimasukkan melalui pangkalnya dengan dibuat mata lobang masuk terlebih dahulu pada permukaannya. Untuk mengadakan pengaliran, kayu tersebut dibaringkan miring dengan pucuknya ke bawah dan tangki (drum) yang diisi bahan pengawet harus didirikan lebih atas dari kayu dekat bagian pangkalnya. Untuk lebih mempercepatnya lagi, larutan bahan pengawet ditekan oleh tekanan udara yang berada di atas larutan sampai 2 – 3 Atmosfir dengan pompa sepeda.

Permukaan yang akan menetes dari ujungnya (pucuknya) adalah zat-zat cair tak berwarna dari kayunya sendiri, yang lama kelamaan akan berganti warna menyerupai warna larutan bahan pengawet yang berada di dalam tangki.

Bila warna ini telah tercapai berarti bahwa proses pengawetan telah selesai dan kulitnya dapat dibuang. Selanjutnya kayu dikeringkan.

Pengeringan Tentang Adsorpsi, Absorpsi, Retensi dan Penetrasi,

a) Adsorpsi kotor, adalah banyaknya larutan bahan pengawet yang melekat pada permukaan kayu dan disebut dalam gram/m^2 atau sekian m^2 per liter. Dipakai pada proses-proses pemulasan, penyemprotan dan pencelupan.

b) Adsorpsi bersih, adalah banyaknya bahan pengawet kering, jadi tanpa bahan pelarutnya (pencampurnya) yang melekat pada permukaan kayu.

c) Adsorpsi kotor (gross adsorption), adalah banyaknya bahan larutan pengawet (dengan bahan pelarutnya) yang masuk ke dalam kayu, setelah baru diawetkan.

d) Adsorpsi bersih retensi bersih (net retention), adalah banyaknya, bahan pengawet kering yang masuk ke dalam kayu, jadi tanpa bahan pelarutnya. Absorpsi dan retensi disebut di dalam gram/m^3 atau kg/m^3. Biasanya kita tidak menyebut retensi kotor.

e) Penetrasi, ke dalamannya bahan pengawet yang masuk ke dalam kayu dan dikatakan dengan milimeter atau centimeter. Dengan cara pemulasan, penyemprotan dan pencelupan biasanya diperoleh pentrasi kurang dari 1 (satu) milimeter.

Dengan cara rendaman dapat diperoleh penetrasi beberapa milimeter hingga lebih kurang 10 milimeter. Dengan cara-cara vakum/tekanan dan difusi dapat diperoleh hingga beberapa centimeter.

Sebagai bahan pertimbangan di dalam penggunaan bahan pengawet maka :

1. Cat, minyak pelumas, residu, bitumen dan sebagainya yang suka kering dipulaskan kepada kayu, bahan-bahan tersebut tidak termasuk ke dalam golongan bahan pengawet, walaupun bahan-bahan tersebut sedikit banyak dapat melindungi kayu terhadap serangan mahluk perusak. Alasannya, karena bahan-bahan tersebut lazimnya kurang / tidak beracun terhadap mahluk-mahluk perusak. Bahan-bahan tadi dipulaskan hanya sebagai pemberi warna atau suatu lapisan pelindung secara fisis.

Bekas minyak pelumas, solar, minyak tanah dan sebagainya dipergunakan di dalam pengawetan kayu hanya sebagai bahan pelarut atau bahan pencampur dari bahan-bahan pengawet tipe II dan III.

2. Juga bahan-bahan anti kebakaran untuk kayu tidak termasuk ke dalam golongan bahan pengawet. Bila seandainya bahan-bahan ini dimasukkan juga golongan bahan pengawet maka bahan itu harus mempunyai tugas rangkap (Fire Retardants With Preservative Qualities).

Contoh-contoh nama dagang :

Albi R. Faspor, Oxylene Boram dan Pyromors. Bahan-bahan ini sering dipakai untuk mengawetkan Triplex dan Fibre Board.

2 Hubungan Dan Sambungan Kayu

Dalam konstruksi kayu untuk bangunan sangat penting untuk diperhatikan sambungan-sambungannya, karena sambungan dapat merupakan titik terlemah dari elemen kayu serta tergantung pula pada maksud dan tujuan dari penggunaan konstruksi itu.

Penyambung kayu adalah alat untuk menghubungkan bagian-bagian kayu menjadi satu bagian baik secara horisontal maupun vertikal.

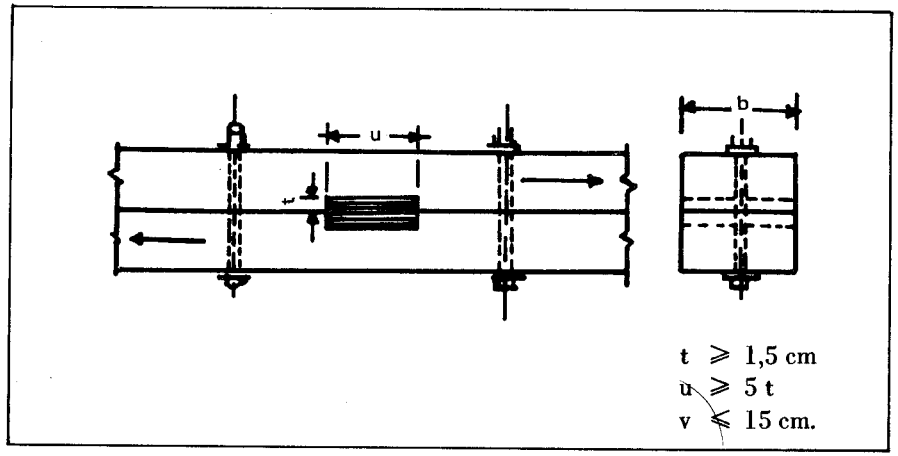
1. ALAT SAMBUNG DARI KAYU

Sudah lama diketahui orang alat sambung seperti : paku, baut atau pasak kayu. Kemudian dengan berkembangnya teknologi telah digunakan orang pula alat sambung yang baru seperti pelat-pelat pokot bulldog, Alligator, Geka, Bufa, Pasakcincin (splitring), ataupun perekat.

Persyaratan kayu untuk sambungan dan alat sambung, menurut PKKI 1961:

PASAK.

Yang disebut pasak ialah alat sambung yang dimasukkan ke dalam takikan-takikan pada kayu, dan dibebani tekanan dan geseran.



Gambar 2-7 ***Penampang Pasak Kayu.***

Pasak hanya boleh dibuat dari kayu keras (macam-macam kayu keras tertera pada Tabel VI) besi atau baja.

TABEL VI **Jenis-jenis kayu yang dapat dipakai untuk pasak**

1.	Walikukun	–	Schoutenia ovata Korth
2.	Penjalinan	–	Celtis wightii Planch
3.	Bedaru	–	Cantleya corniculata How
4.	Sonokeling	–	Dalbergia latifolia Ramb
5.	Hiya	–	Homalium tomontosum Benth
6.	Bungur	–	Legerstroemia speciosa
7.	Lara	–	Metrosidros spec
8.	Kosambi	–	Schleihera oleosa Marr
9.	Bangkirai	–	Shorea laevifolia Endert
10.	Simantok	–	Shorea spec
11.	Belangeran	–	Shorea balangeran Burck
12.	Resak	–	Vatica spec
13.	Laban	–	Vitex pubescens Vahl
14.	Punak	–	Tetramerista glabra Miq
15.	Kulim	–	Scorodocarpus borneesis Becc.

Pasak kayu keras yang mempunyai penampang persegi empat panjang, memasangnya harus sedemikian sehingga serat-seratnya terletak sejajar dengan serat-serat batang-batang kayu yang disambung.

Antara masing-masing pasak, demikian pula antara pasak dan ujung kayu harus diberi baut pelengkap dengan garis tengah minimum 1,27 cm (½″). Ukuran-ukuran pasak itu harus diambil sebagai berikut (Gambar 2-7).

1.1. Pasak Dalam Konstruksi Yang Selalu Terendam Air/Tidak Terlindung

Apabila pasal dipergunakan dalam konstruksi yang selalu terendam dalam air dan atau konstruksi yang tidak terlindung dan ada kemungkinan besar kadar lengas kayu akan selalu tinggi, maka di dalam perhitungan, kekuatannya harus dikalikan dengan 2/3.

1.2. Pasak Dalam Konstruksi Yang Terlindung

Apabila pasak dipergunakan dalam konstruksi yang terlindung, tetapi kayu itu dapat mengering dengan cepat, maka di dalam perhitungan, kekuatannya harus dikalikan 5/6.

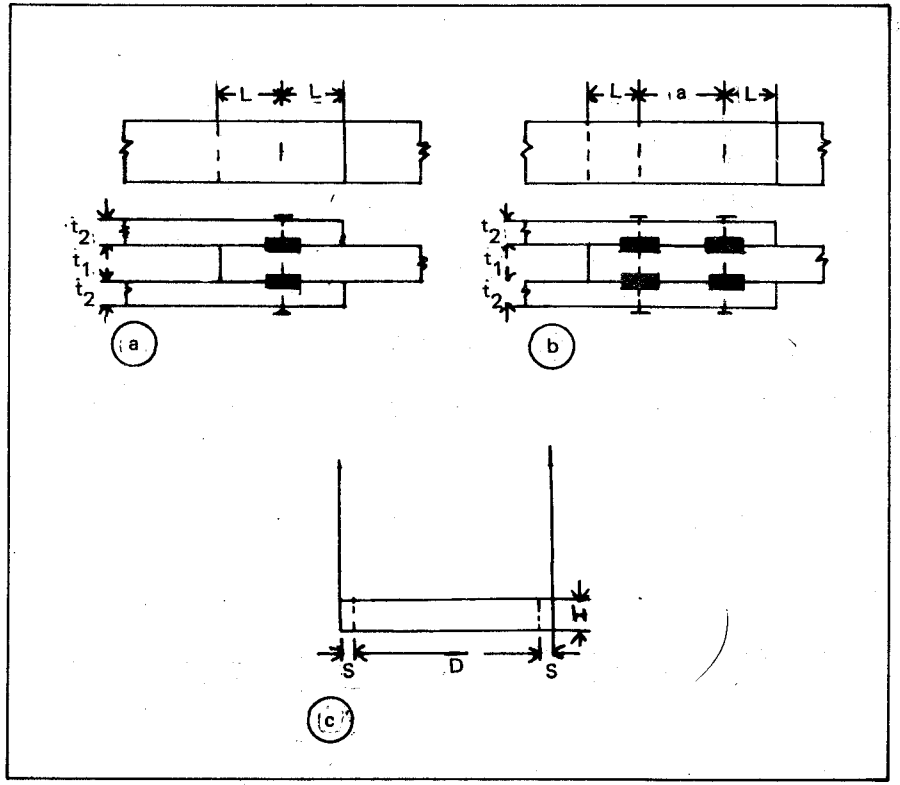
1.3. Pasak Dalam Konstruksi Yang Tegangannya Diakibatkan Oleh Beban Tetap Dan Tidak Tetap

Apabila pasak dipergunakan dalam konstruksi yang tegangannya diakibatkan oleh beban tetap dan beban tidak tetap maka di dalam perhitungan, kekuatan pasak harus dinaikkan dengan 25%.

2. ALAT SAMBUNG DARI BESI

2.1. Sambungan Dengan Pasak Kayu

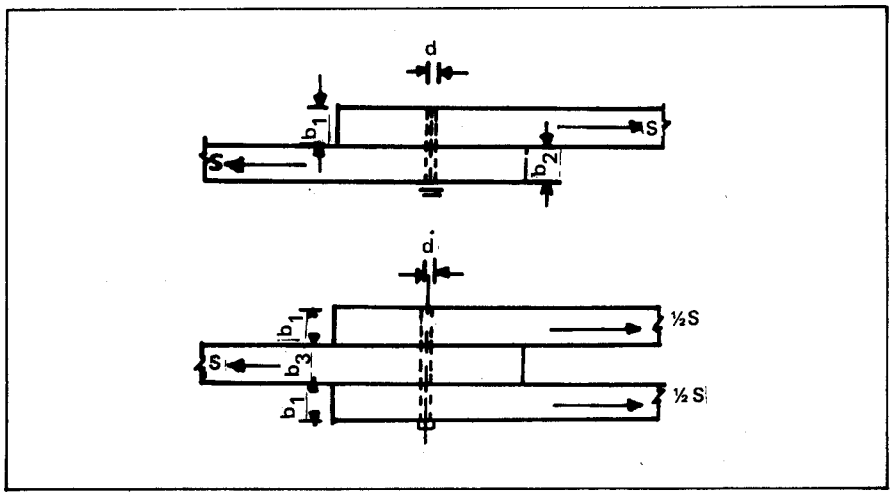
Jika di dalam sambungan dipergunakan penyambung keluaran sesuatu perusahaan, baik perusahaan di dalam maupun di luar negeri, maka harus menggunakan daftar kekuatanyang dikeluarkan oleh perusahaan bersangkutan, atau oleh salah satu laboratorium instansi berwenang di Indonesia. Segala aturan yang tercantum di dalam daftar tersebut harus ditaati benar-benar.



Gambar 2-8 ***Sambungan kayu menggunakan pasak kayu.***

2.2. Sambungan Dengan Baut

1) Sebagai alat sambung, baut harus dibuat dari baja St. 37 atau dari besi yang mempunyai kekuatan paling sedikit seperti St. 37.
2) Lobang baut harus dibuat secukupnya saja dan kelonggaran tidak boleh lebih dari 1,3 mm.
3) Garis tengah baut paling kecil 10 mm (3/8″). Untuk sambungan, baik bertampang satu maupun bertampang dua, dengan tebal kayu lebih besar dari pada 8 cm, harus dipakai baut dengan garis tengah paling kecil 12,7 mm (½″).
4) Baut harus disertai pelat ikutan yang tebalnya minimum 0,3 dan maksimum 5 mm dengan garis tengah 3 d, atau jika mempunyai bentuk persegi empat, lebarnya 3 d, di mana d = garis tengah baut. Jika bautnya hanya sebagai pelengkap maka tebal pelat ikutan dapat diambil minimum 0,2 d dan maksimum 4 mm.
5) Sambungan dengan baut dibagi dalam 3 golongan menurut kekuatan kayu, yaitu golongan-golongan I, II, III. Agar sambungan dapat memberi hasil kekuatan yang sebaik-baiknya (uitgeput), hendaknya / (uitgeput), hendaknya / $_b = \frac{b}{d}$ diambil dari angka-angka yang tertera di bawah ini (Gambar 2-9).



Gambar 2-9 *Sambungan kayu menggunakan baut.*

Golongan I

Samb. bertampang satu	:	S =	50 d b_1	(1 – 0,6 sin α)
atau λ_b = 4,8	:	S =	240 d^2	(1 – 0,35 sin α)
Samb. bertampang dua	:	S =	125 d b_3	(1 – 0,6 sin α)
atau λ_b = 3,8	:	S =	250 d b_1	(1 – 0,6 sin α)
atau	:	S =	480 d^2	(1 – 0,35 sin α)

Golongan II

Samb. bertampang satu	:	S =	40 d b_1	(1 – 0,6 sin α)
atau λ_b = 5,4	:	S =	215 d^2	(1 – 0,35 sin α)
Samb. bertampang dua	:	S =	100 db_3	(1 – 0,6 sin α)
atau λ_b = 4,3	:	S =	200 db_1	(1 – 0,6 sin α)
atau	:	S =	430 d^2	(1 – 0,35 sin α)

Golongan III

Samb. bertampang satu	:	S =	25 db_1	(1 – 0,6 sin α)
atau λ_b = 6,8	:	S_q =	170 d^2	(1 – 0,35 sin α)
Samb. bertampang dua	:	S =	60 db_3	(1 – 0,6 sin α)
atau λ_b = 5,7	:	S =	120 db_1	(1 – 0,6 sin α)
atau	:	S =	340 d^2	(1 – 0,35 sin α)

S = kekuatan sambungan daam kg.
α = sudut antara arah gaya dan arah serat kayu.
b_1 = tebal kayu tepi dalam cm.
b_3 = tebal kayu tengah dalam cm.
d = garis tengah baut dalam cm.

Dari tiap-tiap golongan yang diambil adalah harga yang terkecil. Yang termasuk di dalam golongan I ialah semua kayu dengan kelas kuat ditambah dengan kayu rasamala.

Yang termasuk di dalam golongan II ialah kayu dengan kelas kuat II.

Yang termasuk di dalam golongan III ialah semua kayu dengan kelas kuat III.

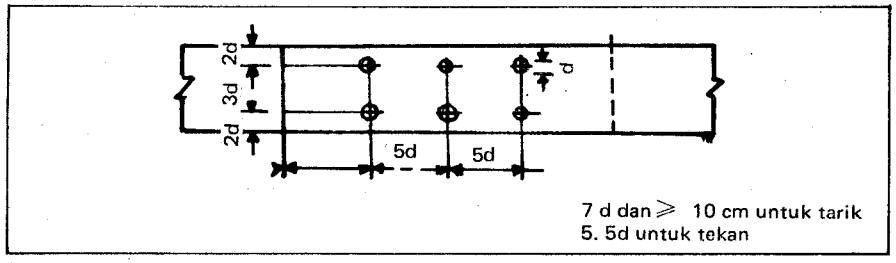
6) Jika pada sambungan bertampang satu, salah satu batangnya adalah dari besi (baja) atau pada sambungan bertampang dua pelat-pelat penyambungnya dari besi (baja), maka harga-harga S dalam rumus-rumus tersebut dapat dinaikkan 25 %.
7) Apabila baut tersebut dipergunakan pada konstruksi dalam keadaan seperti dalam sub bab 2.1.1.1., maka di dalam per-

hitungan, kekuatannya harus dikalikan dengan angka 2/3. Apabila baut tersebut dipergunakan seperti dalam keadaan pada sub bab 1.1.2. kekuatannya harus dikalikan dengan angka 5/6.

8) Jika keadaan muatan seperti dalam sub bab 2.1.1.3. maka kekuatan sambungan dapat dinaikkan dengan 25 %.

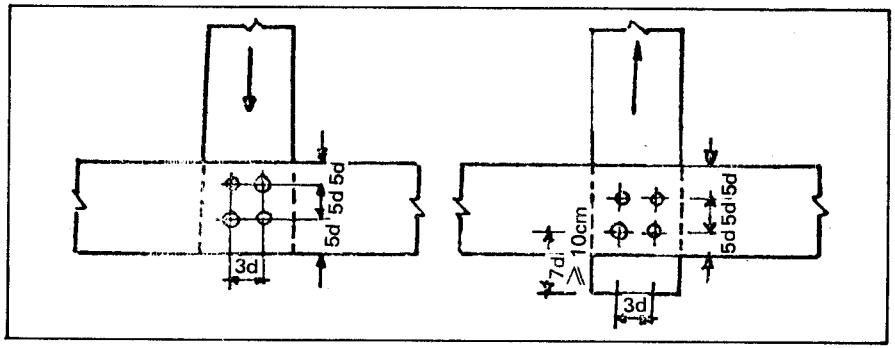
9) Penempatan baut-baut harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. *Arah gaya sejajar dengan arah serat kayu* (Gambar 2-10). jarak minimum :
   - antara sumbu baut dan ujung kayu (kayu muka) yang dibebani ..... 7 d dan 10 cm.
   - antara sumbu baut dan ujung kayu (kayu muka) yang tidak dibebani ..... 3,5 d.
   - antara sumbu baut dengan sumbu baut dalam arah gaya ..... 6 d.
   - antara sumbu baut dengan sumbu baut dalam arah gaya ..... tegak lurus gaya ..... 3 d.
   - antara sumbu baut dengan tepi kayu .....2 d.



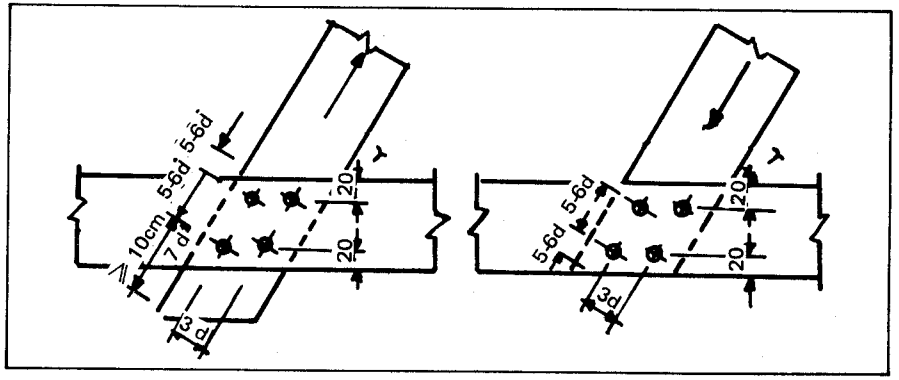
Gambar 2-10 *Sambungan arah gaya sejajar dengan arah serat kayu.*

2. *Arah gaya tegak lurus arah serat* (Gambar 2-11) jarak minimum :
   - antara sumbu baut dengan tepi kayu yang dibebani .... 5 d.
   - antara sumbu baut dengan sumbu baut dalam arah gaya .... 5 d.
   - antara sumbu baut dan tepi kayu yang tidak dibebani .... 2 d.
   - antara sumbu baut dalam arah tegak lurus gaja .... 3 d.



Gambar 2-11 *Arah gaya tegak lurus arah serat.*

3. *Arah gaya membentuk sudut (0° – 90°) dengan arah serat kayu* (Gambar 2-12) jarak minimum :
   - antara sumbu baut dan tepi kayu yang dibebani dalam arah gaya, ditentukan dengan menginterpolasi lurus di antara harga ..... 5 d dan 6 d tetapi harus juga dipenuhi jarak minimum antara sumbu baut dan tepi kayu yang dibebani ..... 2 d.
   - antara sumbu baut dan sumbu baut dalam arah gaya ditentukan dengan interpolasi lurus di antara harga ..... 5 d dan 6 d.
   - antara sumbu baut dan tepi kayu yang tidak dibebani .... 2 d.
   - antara baris baut dan baris baut dalam arah gaya .... 3 d.



Gambar 2-12 *Arah gaya membentuk sudut dengan arah serat kayu.*

2.3. Sambungan Dengan Paku

1) Paku yang dipergunakan dapat mempunyai penampang yang berbentuk bulat, persegi atau beralur lurus.
2) Kekuatan paku berpenampang bulat diberikan dalam tabel di bawah ini dan berlaku untuk tebal kayu seperti tertera dalam daftar tersebut. Kekuatan paku tersebut tidak tergantung dari besar sudut antara arah gaya dan arah serat kayu.

TABEL VII Paku Kawat Biasa

Ukuran paku	DIA (mm)	Jumlah paku kira-kira per kg.
2 ″ BWG 12	2,77	400
2″ BWG 11	3,05	
2″ BWG 10	3,40	
2½″BWG 11	3,05	280
2½″BWG 10	3,40	
2½″BWG 9	3,76	
3″ BWG 10	3,40	185
3″ BWG 9	3,76	
3″ BWG 8	4,19	
3½″BWG 9	3,76	120
3½″BWG 8	4,19	
3½″BWG 7	4,57	
4″ BWG 8	4,19	93
4″ BWG 7	4,57	
4″ BWG 6	5,15	

3) Untuk sambungan yang menyimpang dari daftar di atas dapat dipakai rumus-rumus ini dengan mengingat syarat-syarat ukuran paku seperti tertera pada gambar 2-13 dan δ_{kd} dalam daftar di atas.

Sambungan bertampang satu :

$S = \frac{1}{2} b\, d\, \delta_{kd} \quad b \leqslant 7\, d$

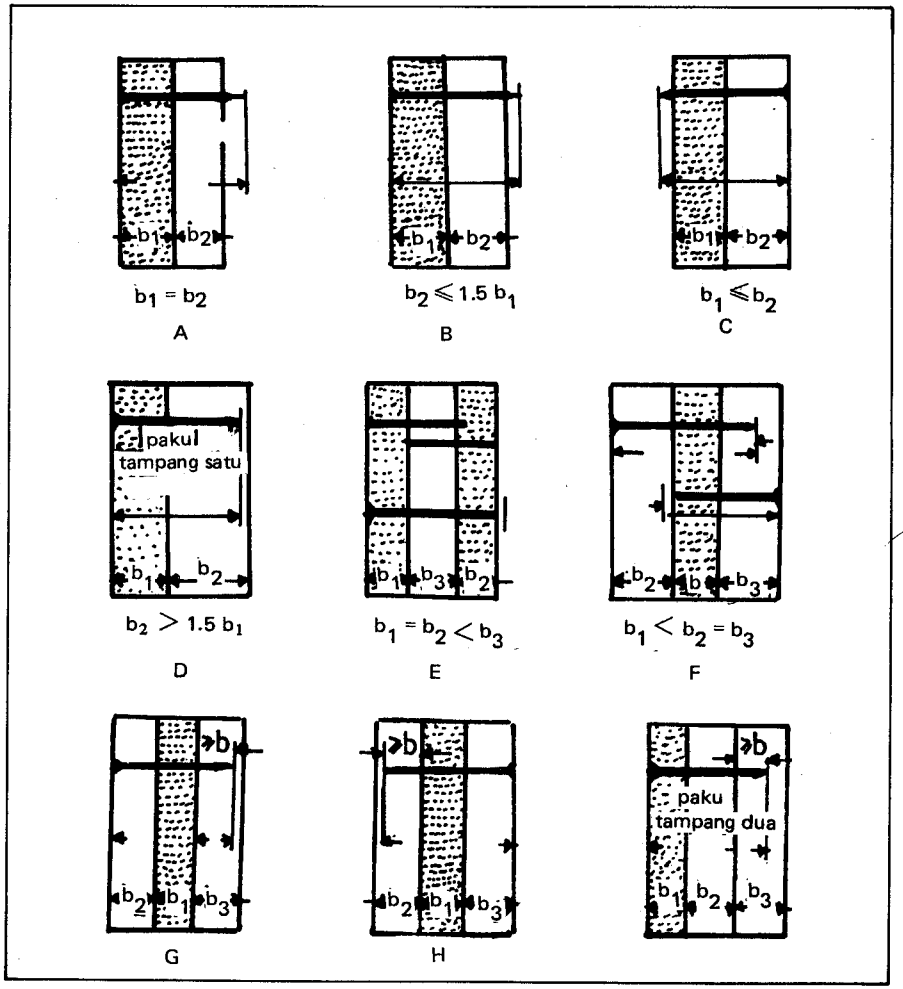
$S = 3{,}5\, d^2\, \delta_{kd} \quad 7\, d \leqslant b$

Sambungan bertampang dua :

$S = b\, d\, \delta_{kd} \quad b \leqslant 7\, d$

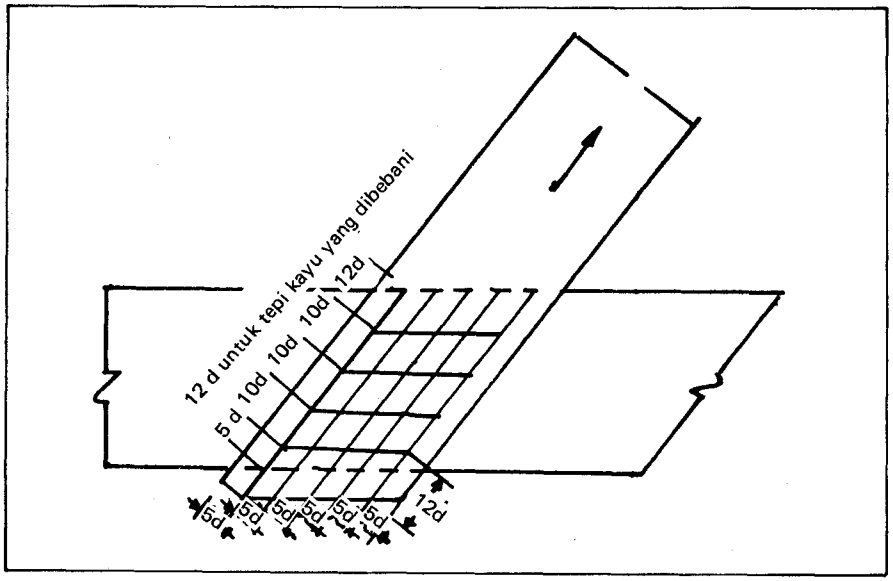
$S = 7\, d^2\, \delta_{kd} \quad \leqslant b$

S = gaya yang diperkenankan per paku.
b = tebal kayu.
d = diameter paku (Daftar Vb PKKI 1961).
δ_{kd} = kokoh desak kayu.



Gambar 2-13 ***Sambungan dengan paku.***

4) Ujung paku yang ke luar dari sambungan sebaiknya dibengkokkan tegak lurus arah serat, asal pembengkokkan tersebut tidak akan merusakkan kayu.



Gambar 2-14 *Jarak sambungan dengan paku.*

5) Apabila dalam satu barisan terdapat lebih dari 10 batang paku, maka kekuatan paku harus dikurangi dengan 10%, dan jika lebih dari 20 batang harus dikurangi dengan 20 %.

6) Paku sambungan dengan paku, paling sedikit harus digunakan 4 batang paku.

7) Jarak paku minimum harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

Sejajar arah garis gaya :

12 d untuk tepi kayu yang dibebani.
5 d untuk tepi kayu yang tidak dibebani.
10 d jarak antara paku dalam satu barisan.

Tegak lurus arah garis gaya :

5 d untuk jarak sampai tepi kayu.
5 d untuk jarak barisan paku.

8) Apabila ada banyak kemungkinan, bahwa paku akan berkarat,

maka hendaknya dipakai paku disepuh seng atau cadmium.

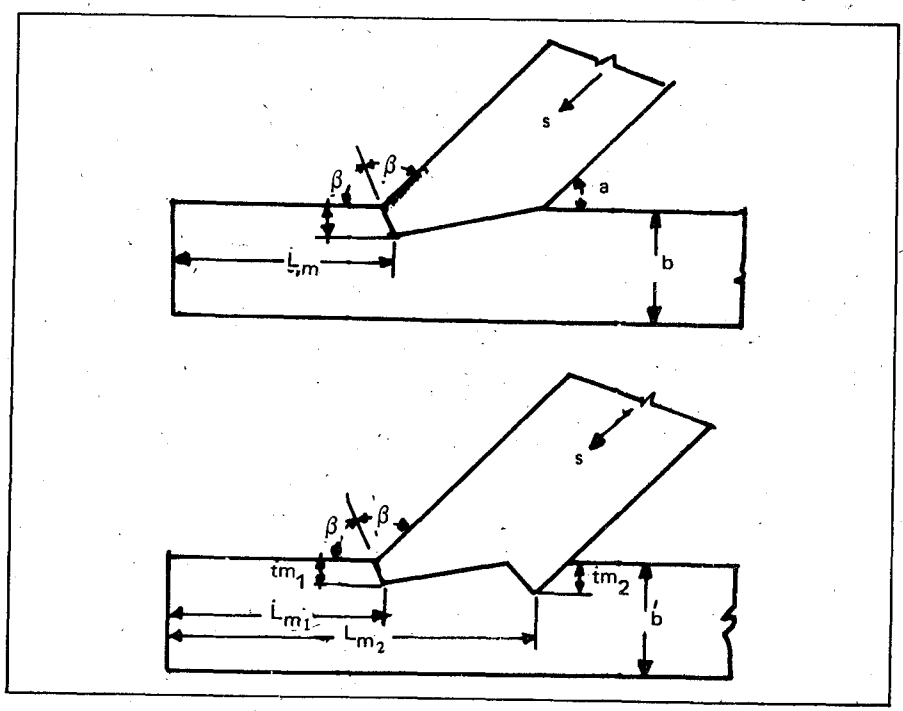
9) Apabila paku dipergunakan pada konstruksi dalam keadaan seperti dalam sub bab 1.1.1., maka di dalam perhitungan, kekuatannya harus dikalikan dengan angka 2/3. Apabila paku digunakan seperti dalam keadaan pada sub bab 1.1.2., kekuatannya harus dikalikan dengan 5/6.

10) Jika keadaan muatan seperti dalam sub bab 2.1.1.3.maka kekuatan sambungan dapat dinaikkan dengan 25%, kecuali untuk beban-beban dynamis seperti pada jembatan-jembatan, keran-keran dan sebagainya.

11) Jika sesuatu konstruksi dengan paku berbentuk lengkung, maka jari-jari lengkungnya paling kecil harus 400 b, di mana b adalah tebal papan kayu yang dipergunakan dalam konstruksi tersebut.

2.4. Sambungan Gigi

1) Pada sambungan gigi gesekan antara kayu dengan kayu di da-



Gambar 2-15 *Sambungan dengan gigi untuk kayu.*

lam perhitungan harus diabaikan. Untuk sambungan gigi tunggal, dalamnya gigi tidak boleh melebihi sesuatu batas, yaitu :

$t_m \leqslant \frac{1}{4} h$ untuk $\alpha \leqslant 50^\circ$

$t_m \leqslant 1/6\ h$ untuk $\alpha \leqslant 60^\circ$

di sini h adalah tinggi batang mendatar.

Untuk harga α antara 50° dan 60° besarnya gigi maksimum harus disisipkan lurus.

Gigi supaya dibuat menurut garis bagi sudut luar β

Panjang kayu muka l_m harus dihitung $l_m = \frac{S \cos \alpha}{\delta , b ,}$

tetapi juga $l_m \leqslant 15$ cm, di sini b berarti lebar batang mendatar.

2) Untuk sambungan dengan gigi rangkap dalamnya gigi kedua harus memenuhi syarat seperti pada sambungan gigi tunggal. Kecuali itu harus pula $t_{m_2} - t_{m_1} \leqslant 1$ cm (Gambar 2-15)

Panjang l_{m_2} harus dihitung, $l_{m_2} = \frac{S \cos \alpha}{T., b}$

2.5. Pelat Penyambung

1) Pada sambungan yang menahan gaya tarik, pelat-pelat penyambung harus diletakkan setangkup terhadap sumbu batang yang disambung. Lebarnya (atau tingginya) harus sama besar dengan lebar (atau tinggi) batang yang disambung. Ukuran pelat-pelat penyambung didasarkan atas gaya yang besarnya 1,5 kali gaya tarik yang ditahannya.
2) Pada sambungan yang menahan gaya tekan ujung-ujung kayu yang akan disambung harus melekat benar satu sama lain. Pelat-pelat penyambungnya harus diletakkan setangkup untuk menahan gerakan batang ke samping. Pelat-pelat penyambung harus mempunyai momen-lembab paling sedikit sama besarnya dengan momen-lembab batang yang disambung.
3) Bila sambungan itu berganti-ganti menahan gaya tarik dan gaya tekan, maka pelat penyambungnya harus diperhitungkan terhadap gaya yang besarnya sama dengan 1,3 kali gaya tarik atau tekan yang terbesar.
4) Pada sambungan yang menahan momen lentur, momen penahan pelat-pelat penyambung paling sedikit harus sama dengan momen penahan balok yang disambung. Di samping pelat-pelat penyambung tersebut harus cukup kuat untuk gaya melintang yang timbul pada sambungan tersebut.

2.6. Perekat

1) Yang disebut konstruksi berlapis majemuk, ialah konstruksi kayu yang menggunakan papan-papan tipis yang diletakkan satu sama lain dengan perekat dan arah seratnya sejajar satu sama lain, sehingga merupakan balok yang berukuran besar.
2) Tebal papan-papan tipis itu hendaknya 25 – 50 mm.
3) Kayu berlapis majemuk hanya boleh dibuat oleh suatu pemborong atau suatu laboratorium yang mempunyai ahli dalam pembuatan konstruksi tersebut.
4) Dalam daftar di bawah ini diberikan daftar tentang beberapa macam perekat.
5) Kayu yang akan direkatkan harus mempunyai kadar lengas $\leqslant 15\%$ dan perbedaan kadar lengas antara masing-masing papan kayu harus $\leqslant 3\%$.
6) Balok kayu berlapis majemuk yang mempunyai bentuk lengkung, jari-jari lengkungnya harus $\geqslant 125$ b, di mana b tebal papan kayu.

TABEL VIII **Beberapa macam perekat untuk konstruksi kayu berlapis majemuk.**

Macam perekat	Bentuk dalam perdagangan	Cocok untuk bangunan
Casem	tepung	yang terlindung, seperti kuda-kuda dan sebagainya.
Urea Formaldehyde Resin	cairan atau tepung dengan zat pengeras	yang terlindung, di mana warna perlu diutamakan
Resorcinol Resin	Cairan dengan zat pengeras	yang tidak terlindung, seperti jembatan, stadion, bangunan kapal dan sebagainya.
Phenolic Resin	Cairan dengan zat pengeras	yang tidak terlindung, seperti jembatan, stadion, bangunan kapal dan sebagainya.

PERPUSTAKAAN WILAYAH DEP. P DAN K
Jl. Walikota Mustajab. 68
SURABAYA

lam perhitungan harus diabaikan. Untuk sambungan gigi tunggal, dalamnya gigi tidak boleh melebihi sesuatu batas, yaitu :

$t_m \leqslant \frac{1}{4} h$ untuk $\alpha \leqslant 50^\circ$
$t_m \leqslant 1/6\ h$ untuk $\alpha \leqslant 60^\circ$

di sini h adalah tinggi batang mendatar.
Untuk harga α antara 50° dan 60° besarnya gigi maksimum harus disisipkan lurus.
Gigi supaya dibuat menurut garis bagi sudut luar β

Panjang kayu muka l_m harus dihitung $l_m = \frac{S \cos \alpha}{\delta , b ,}$

tetapi juga $l_m \leqslant 15$ cm, di sini b berarti lebar batang mendatar.

2) Untuk sambungan dengan gigi rangkap dalamnya gigi kedua harus memenuhi syarat seperti pada sambungan gigi tunggal. Kecuali itu harus pula $t_{m_2} - t_{m_1} \leqslant 1$ cm (Gambar 2-15)

Panjang l_{m_2} harus dihitung, $l_{m_2} = \frac{S \cos \alpha}{T., b}$

2.5. Pelat Penyambung

1) Pada sambungan yang menahan gaya tarik, pelat-pelat penyambung harus diletakkan setangkup terhadap sumbu batang yang disambung. Lebarnya (atau tingginya) harus sama besar dengan lebar (atau tinggi) batang yang disambung. Ukuran pelat-pelat penyambung didasarkan atas gaya yang besarnya 1,5 kali gaya tarik yang ditahannya.
2) Pada sambungan yang menahan gaya tekan ujung-ujung kayu yang akan disambung harus melekat benar satu sama lain. Pelat-pelat penyambungnya harus diletakkan setangkup untuk menahan gerakan batang ke samping. Pelat-pelat penyambung harus mempunyai momen-lembab paling sedikit sama besarnya dengan momen-lembab batang yang disambung.
3) Bila sambungan itu berganti-ganti menahan gaya tarik dan gaya tekan, maka pelat penyambungnya harus diperhitungkan terhadap gaya yang besarnya sama dengan 1,3 kali gaya tarik atau tekan yang terbesar.
4) Pada sambungan yang menahan momen lentur, momen penahan pelat-pelat penyambung paling sedikit harus sama dengan momen penahan balok yang disambung. Di samping pelat-pelat penyambung tersebut harus cukup kuat untuk gaya melintang yang timbul pada sambungan tersebut.

2.6. Perekat

1) Yang disebut konstruksi berlapis majemuk, ialah konstruksi kayu yang menggunakan papan-papan tipis yang diletakkan satu sama lain dengan perekat dan arah seratnya sejajar satu sama lain, sehingga merupakan balok yang berukuran besar.
2) Tebal papan-papan tipis itu hendaknya 25 – 50 mm.
3) Kayu berlapis majemuk hanya boleh dibuat oleh suatu pemborong atau suatu laboratorium yang mempunyai ahli dalam pembuatan konstruksi tersebut.
4) Dalam daftar di bawah ini diberikan daftar tentang beberapa macam perekat.
5) Kayu yang akan direkatkan harus mempunyai kadar lengas $\leqslant 15\%$ dan perbedaan kadar lengas antara masing-masing papan kayu harus $\leqslant 3\%$.
6) Balok kayu berlapis majemuk yang mempunyai bentuk lengkung, jari-jari lengkungnya harus $\geqslant 125$ b, di mana b tebal papan kayu.

TABEL VIII **Beberapa macam perekat untuk konstruksi kayu berlapis majemuk.**

Macam perekat	Bentuk dalam perdagangan	Cocok untuk bangunan
Casem	tepung	yang terlindung, seperti kuda-kuda dan sebagainya.
Urea Formaldehyde Resin	cairan atau tepung dengan zat pengeras	yang terlindung, di mana warna perlu diutamakan
Resorcinol Resin	Cairan dengan zat pengeras	yang tidak terlindung, seperti jembatan, stadion, bangunan kapal dan sebagainya.
Phenolic Resin	Cairan dengan zat pengeras	yang tidak terlindung, seperti jembatan, stadion, bangunan kapal dan sebagainya.

PERPUSTAKAAN WILAYAH DEP. P DAN K
Jl. Walikota Mustajab. 68
SURABAYA

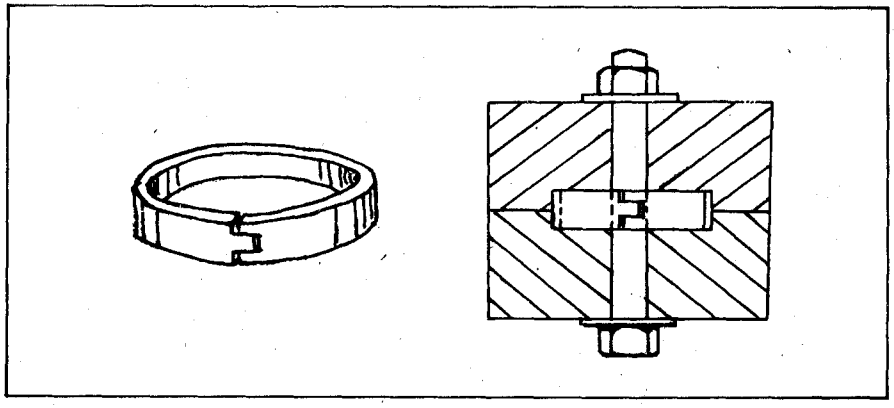
2.7. Pasak-pasak Modern (Modern Timber Connectors)

Yang sudah biasa dipakai di luar negeri seperti Amerika dan Eropa antara lain adalah :

2.7.1. Slip-ring connector

Cincin baja dimasukkan ke dalam takikan berbentuk cincin.

Takikan dibuat dengan alat khusus. Maksud daripada belahan (split) adalah untuk mendapatkan flexibilitas sehingga memungkinkan adanya pemikulan yang bersamaan pada teras kayu di dalam cincin maupun pada kayu di luar cincin. Macam connector ini dipakai hanya untuk sambungan kayu pada kayu (timberto-timberto joint).



Gambar 2-16 *Toothed Ring Connector*

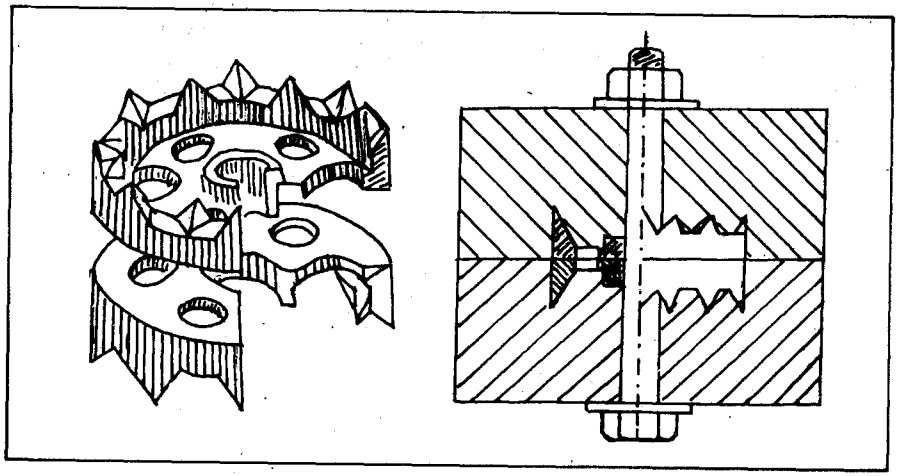
2.7.2. Toothed Ring Connector (Gambar 2-16).

Macam connector ini yang juga dibuat dari baja memberikan kekuatan setinggi pasak cincin dan tidak membutuhkan takikan dalam kayu tetapi dimasukkan ke dalam bagian-bagian kayu dengan cara dipress dengan menggunakan alat khusus. Pasak cincin bergigi ini dipakai hanya untuk sambungan kayu pada kayu.

2.7.3. Bulldog Connector (Gambar 2-17).

Pelat kokot Bulldog dari baja ini yang berbentuk bulat atau persegi penggunaannya sama seperti pasak cincin bergigi tetapi mempunyai perbedaan sebagai berikut :

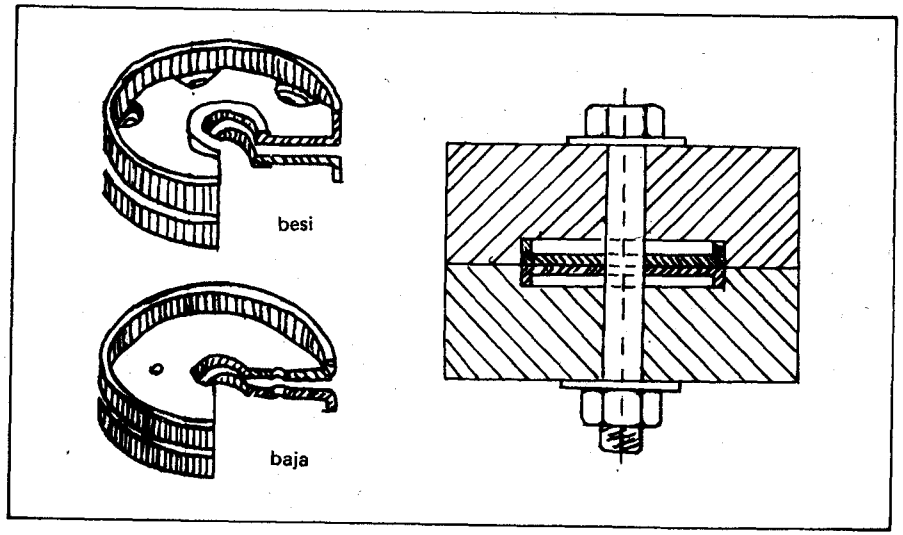
- Pelatnya menjamin penetrasi yang rata ke dalam bidang bidang kayu yang disambung.
- Sambungan kayu pada logam (timberto-timberto connector) dapat dibuat dengan menggunakan single sided buldog.



Gambar 2-17 *Bulldog Connector*

Angka-angka kekuatan izin dalam daftar berlaku untuk kayu dengan berat jenis kering udara 0,50. Untuk lain berat jenis kering udara kekuatan izin diambil sebanding (evenredig) dengan berat jenis kering udara kayu yang dipakai.

Untuk bagian-bagian yang arah gayanya membentuk sudut dengan arah serat kayu, maka kekuatan izin menjadi : $P_1 = P_2 \ (1 - 0{,}25 \sin \beta)$.

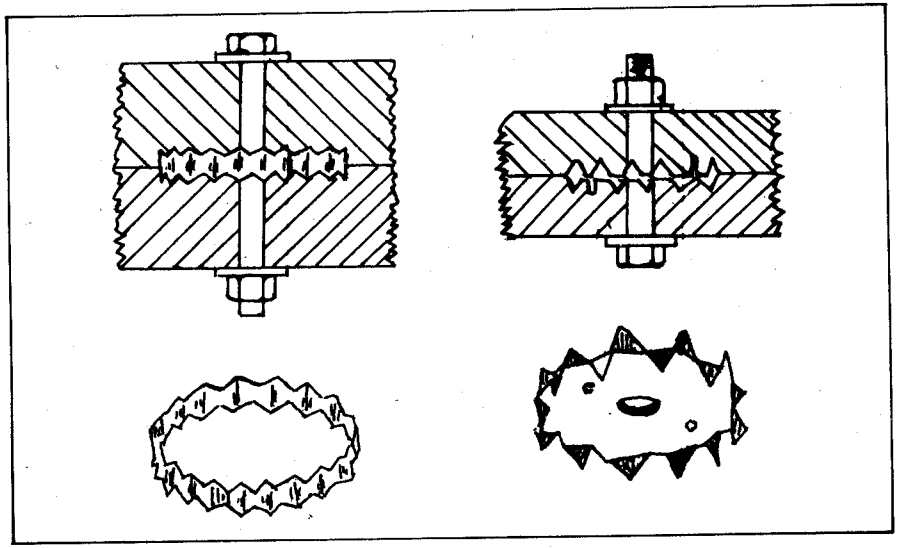


Gambar 2-18 *Clow Plate Connector*

2.7.4. **Claw-plate connector** (Gambar 2-18).

Pasak pelat kuku ini yang dibuat dari besi dimasukkan ke dalam takikan yang dibuat dengan alat khusus tetapi lebih lanjut dipress kuku-kukunya ke dalam kayu, juga dengan alat khusus. Pasak-pasak dipergunakan dalam pasangan (male and female) untuk sambungan kayu pada kayu.

Untuk sambungan kayu pada logam dipakai sendirian. Pasak pelat kuku menghasilkan sambungan dengan kekuatan tinggi dan karena pada pembebanan mempunyai pergeseran (slip) yang sangat kecil maka pasak tersebut sangat cocok untuk sambungan batang-batang dengan beban utama bolak-balik (tekan dan tarik).

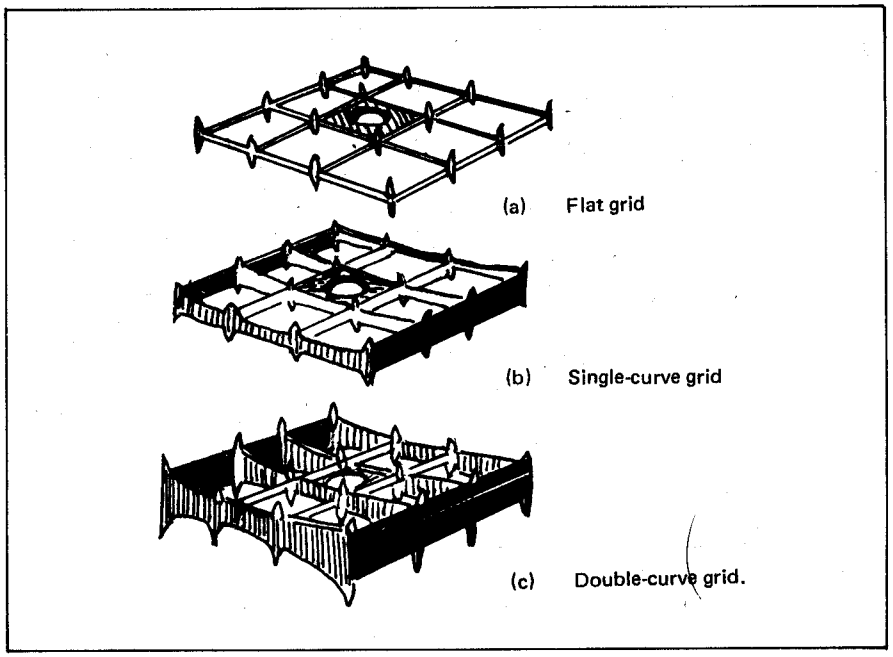


Gambar 2-19 *Shear plate Connector*

2.7.5. **Shear-plate connector** (Gambar 2-19).

Macam pasak pelat-geseran ini dibuat dari baja dan dapat dipakai untuk sambungan kayu pada kayu maupun sambungan kayu pada logam. Pasak dimasukkan ke dalam takikan yang dibuat dengan alat khusus.

Karena kedua bagian pasak pada sambungan alat adalah rata (flush) pada bidang sambungan maka macam pasak ini sangat cocok untuk konstruksi-konstruksi yang harus dapat dibongkar (didemonteer) dan untuk komponen-komponen yang dibuat dalam pabrik yang kemudian dipasang setempat (site assembly) dalam hal mana pasak-pasak dipaku ke dalam takikannya untuk menghindarkan lepasnya dalam transport.



Gambar 2-20 *Spike-grid Connector.*

2.7.6. **Spike-grid connector** (Gambar 2-20)

Pasak ini direncanakan untuk sambungan kayu pada kayu di mana bidang-bidang hubungan adalah rata atau melengkung. Pasak dipaksa ke dalam kayu dengan cara dipress dengan alat khusus. Macam pasak ini memberikan kekuatan tinggi pada sambungan bagian-bagian yang berukuran besar seperti dalam pekerjaan jembatan, dok dan pelabuhan.

2.8. Cara dan Macam Sambungan Kayu serta Kegunaannya

Apabila dalam sebuah konstruksi dibutuhkan sambungan, maka perlu diperhatikan kegunaan dari sambungan tersebut. Bertitik tolak dari hal itu, cara dan macam sambungan diklasifikasikan menjadi 3 golongan yaitu sambungan dalam arah melebar, sambungan dalam arah memanjang dan sambungan dalam arah menyudut.

2.8.1. Sambungan dalam arah melebar

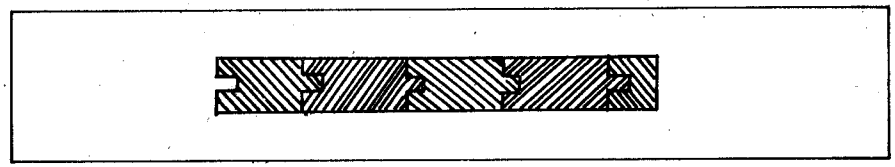
Untuk membuat lantai, papan-papan dipasang berjejer, diletakkan sedemikian rupa sehingga diperoleh suatu bidang datar yang luas, di mana di bawah

papan tersebut di pasang gelagar kayu dua buah atau lebih. Papan-papannya dipaku pada kedua tepinya. Tetapi kalau papan tersebut dipasang dalam keadaan basah maka kemungkinan terjadinya penyusutan ke arah lebarnya yang tak dapat dicegah, sehingga papan akan retak di antara kedua paku. Untuk menghindari problem tersebut, papan hanya dipaku pada salah satu tepi saja, sedangkan tepi yang lain dibuatkan sambungan yang lepas dengan papan lain.

A. SAMBUNGAN DENGAN ALUR DAN LIDAH

Papan setebal ± 3 cm pada sisi samping diketam sebuah alur (lebar 1/3 tebal papan; dalam 1 cm).

Di sisi lain dibuat lidah yang panjangnya 7 – 8 mm. Apabila kedua papan disambung, maka ruang antar papan tersebut adalah 3 – 2 mm (Gambar 2-21).

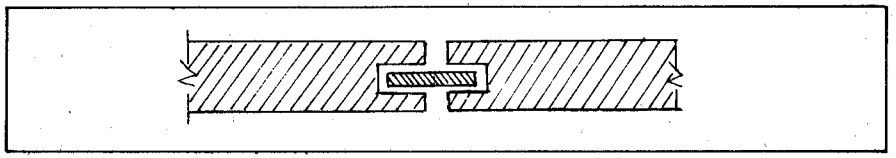


Gambar 2-21 ***Sambungan arah melebar dengan alur lidah.***

B. SAMBUNGAN DENGAN PEGAS DAN ALUR YANG TERLEPAS

Cara ini digunakan apabila papan sangat tebal sehingga membuat lidahnya sukar.

Kedua sisi papan dibuat alur. Sebelum dipasang setangkup, ruang antara disisipi kayu selebar alur. Gambar 2-22 menunjukkan tipe tersebut.



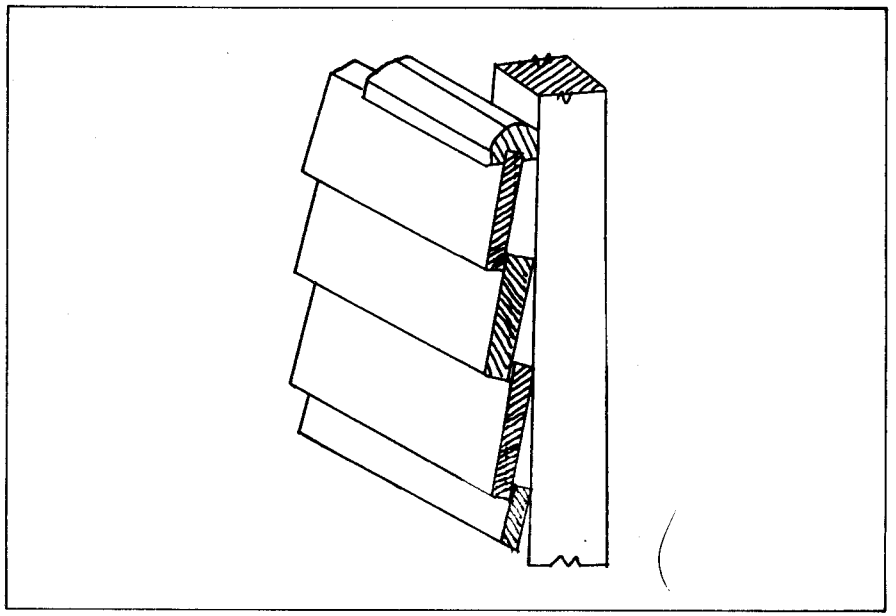
Gambar 2-22 ***Sambungan arah melebar dengan pegas dan alur yang terlepas.***

C. SAMBUNGAN ALUR DAN LIDAH DENGAN MENGGUNAKAN SUSUNAN SIRIH

Untuk konstruksi kayu yang dikehendaki tidak ada pulasan maka dipakai cara ini (Gambar 2-23).

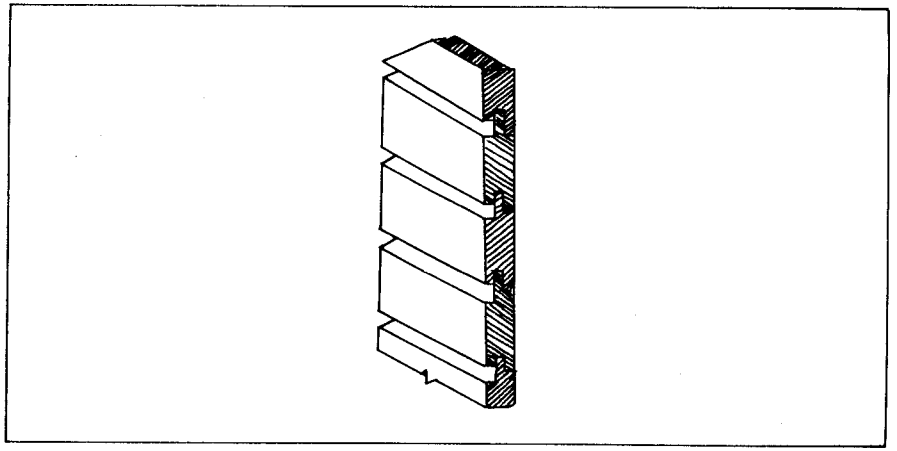
D. SAMBUNGAN ALUR DAN LIDAH DENGAN MENGGUNAKAN SPONNING

Data tentang cara ini adalah tebal alur (sponning) 5 mm, dalam alur



Gambar 2-23 ***Sambungan arah melebar dengan susun sirih.***

3 mm. Tepi sponning diketam miring 45°. Apabila papan tipis (± 1,5 cm), dalam sponning dibuat 1/3 x 1,5 cm = 0,5 cm. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada gambar 2-24.



Gambar 2-24 ***Sambungan arah melebar dengan alur dan lidah yang menggunakan sponning.***

2.8.2. Sambungan dalam arah panjang

Sambungan ini digunakan untuk kayu yang panjang, terdiri dari dua balok atau lebih yang kedudukannya dalam keadaan satu garis lurus.

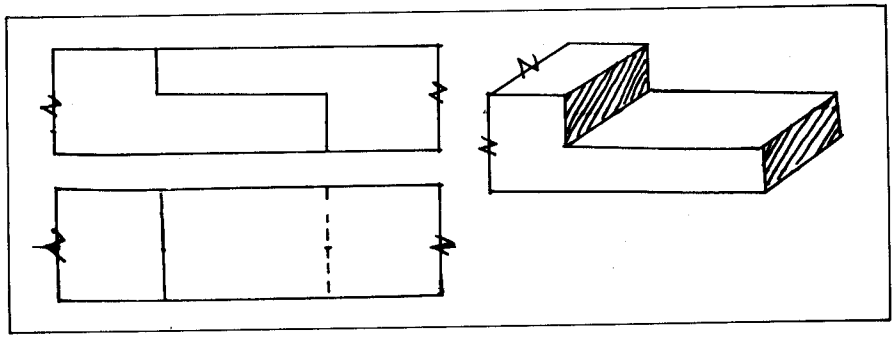
A. SAMBUNGAN DATAR

Sambungan datar digunakan apabila seluruh batang balok bertumpu (misal pada dinding tembok). Balok tersebut diletakkan pada bidang yang lebar. Mengenai ragam caranya dibahas di bawah ini.

1) *Sambungan datar dengan bibir lurus.*

Kedua ujung balok yang disambung ditakik ½ tebal kayu, panjang ½ – 2½ tebal.

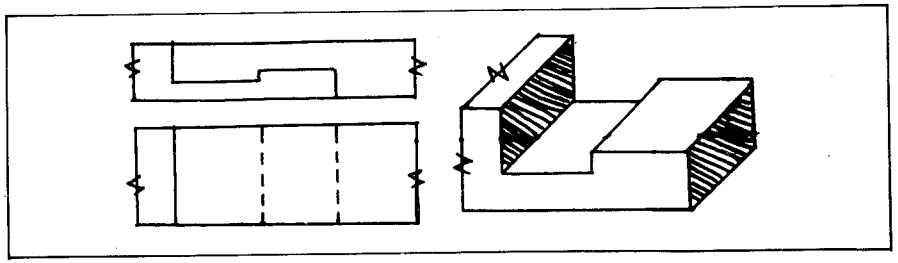
Bidang takik yang datar disebut bibir, yang tegak disebut dada. Kedua ujung yang ditakik dipasang setangkup. Cara ini ditunjukkan oleh gambar 2-25.



Gambar 2-25 ***Sambungan mendatar dengan bibir lurus.***

2) *Sambungan datar dengan bibir lurus yang berkait.*

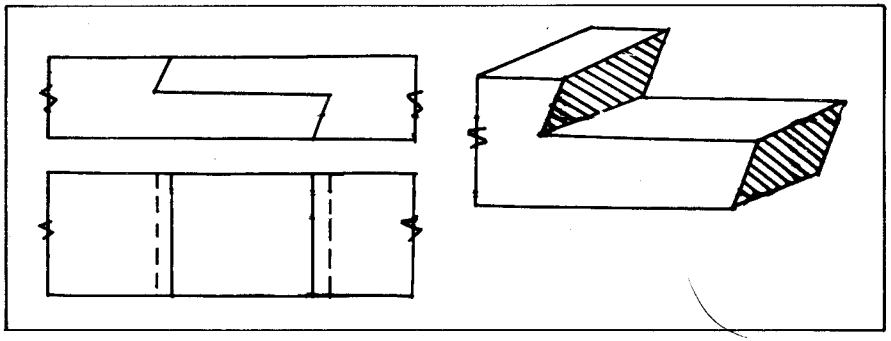
Cara ini dipakai apabila pada sambungan bekerja gaya tarik yang arahnya berlawanan. Kedua ujung balok ditarik 2,5 – 3 tebal. Setengah panjang bibirnya ditakik dalamnya 0,4 – 0,6 tebalnya.



Gambar 2-26 ***Sambungan datar dengan bibir lurus yang berkait.***

3) *Sambungan datar bibir lurus dengan dada miring.*

Sambungan tipe ini dipakai apabila terjadi gaya tegak yang mengungkit. Kedua dada miring 1/8 – 1/6 tebal, sedang panjang bibir 2 – 2,5 tebalnya.

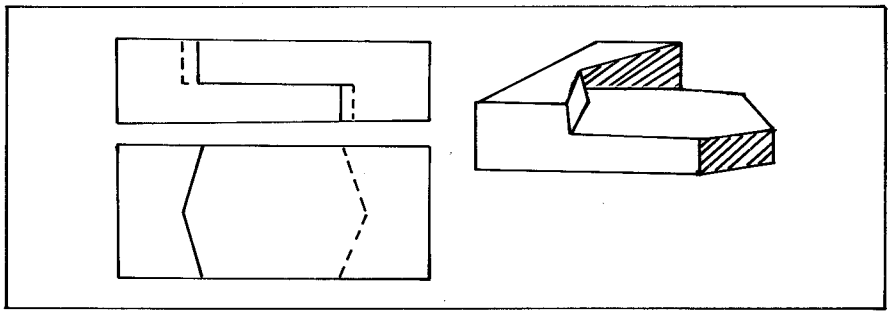


Gambar 2-27 ***Sambungan datar dengan bibir lurus dan dengan dada miring.***

4) *Sambungan datar bibir lurus dengan mulut ikan.*

Bila gaya samping bekerja pada sambungan dipakai tipe cara ini.

Kedua dada menjorok 1/8 – 1/6 lebar kayu, panjang bibir-bibir 2,5 tebal. Selanjutnya untuk memperkuat sambungan kedua bibir ditembus paku miring, sehingga sambungan menjadi rapat. Paku-paku dipasang tidak dalam satu arah serat kayu, untuk mencegah keretakan.



Gambar 2-28 ***Sambungan datar dengan mulut ikan.***

B. SAMBUNGAN SISI

Balok-balok yang disambung dengan cara ini adalah balok bertumpu yang bibir sambungannya dibuat miring. Hal ini dimaksudkan agar bibir tidak retak karena terdapat kecenderungan bahwa balok yang bertumpu akan melentur, terutama bibir yang disambung mendatar siku-siku.

Beberapa cara menyambung dibuat lebih terperinci di bawah ini.

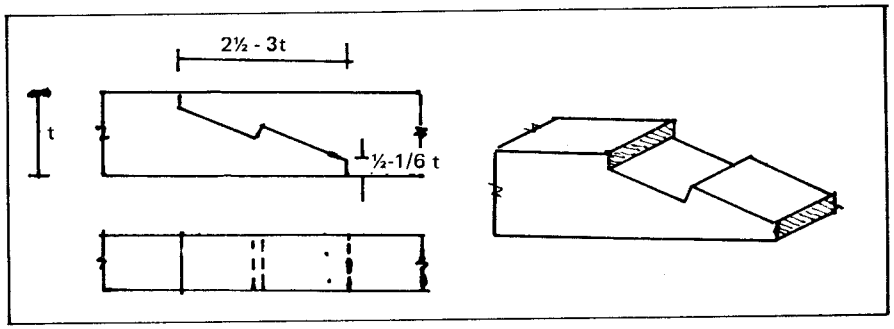
1) *Sambungan Sisi Berbibir Miring.*

Kedua ujung balok yang disambung masing-masing ditakik 1/8 – 1/6 lebar balok yang merupakan dada dan bibirnya, 2,5 – 3 lebar dibuat miring Gambar 2-29 menunjukkan cara ini.

2) *Sambungan sisi berbibir miring dengan kait.*

Cara ini dipergunakan apabila pada sambungan bekerja gaya tarik yang arahnya saling berlawanan.

Setengah panjang bibir ditakik (panjang bibir 2,5 – 3 lebar). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2-29.



Gambar 2-29 *Sambungan sisi berbibir miring dengan kait*

Yang perlu diperhatikan apabila di bawah sambungan terdapat tiang penyangga, kerugiannya adalah :

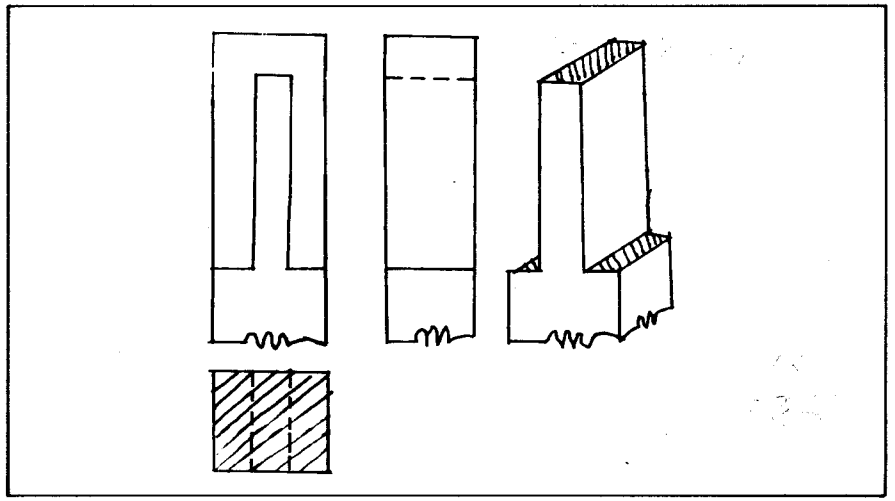
- Kekuatan balok menjadi kecil sebab pada ujung atas tiang dibuat pen, sedangkan pada sisi bawah balok bersambung dibuat lobang sebagai tempat pen tiang dan jarak antara tiang penyangga dengan harus sambungan minimal 30 cm.
- Apabila tiang melentur ke samping sebagai akibat beban yang dipikulnya, ujung balok di atas tiang melentur ke atas sehingga kait tidak berfungsi.

C. SAMBUNGAN TIANG

Tiang atau pilar adalah batang yang menyangga beban searah sumbu panjang (tekanan axial). Apakah tinggi tiang lebih dari 18 kali tebal terkecil dari batang tersebut, maka kemungkinan akan terjadi lenturan yang berpusat pada tengah-tengah tiang. Untuk itu sambungan tiang harus dibuat tidak di tengah-tengah tiang.

1) *Sambungan tiang dengan pen lurus*

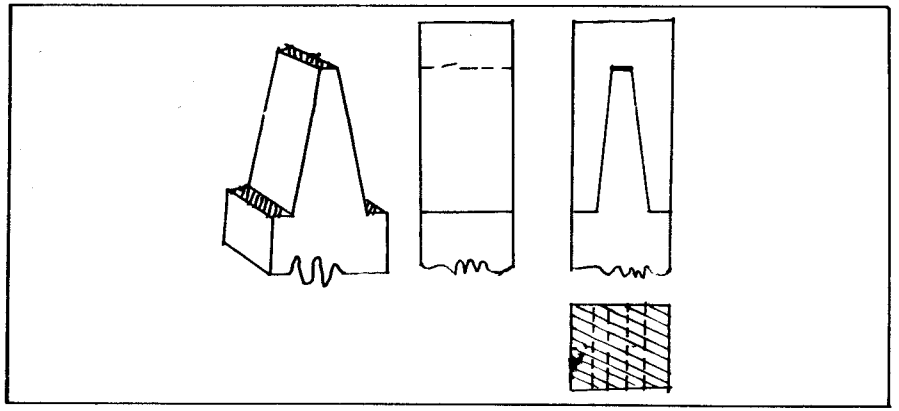
Ujung tiang yang satu dibuatkan pen sedang ujung yang lain dibuat lubang. Tebal pen sama dengan lebar lubang yaitu 1/3 tebal tiang, sedang panjang pen 2 – 3 tebal. Sambungan ini dapat dilihat pada gambar 2-30.



Gambar 2-30 ***Sambungan tiang dengan pen lurus.***

2) *Sambungan tiang dengan pen miring.*

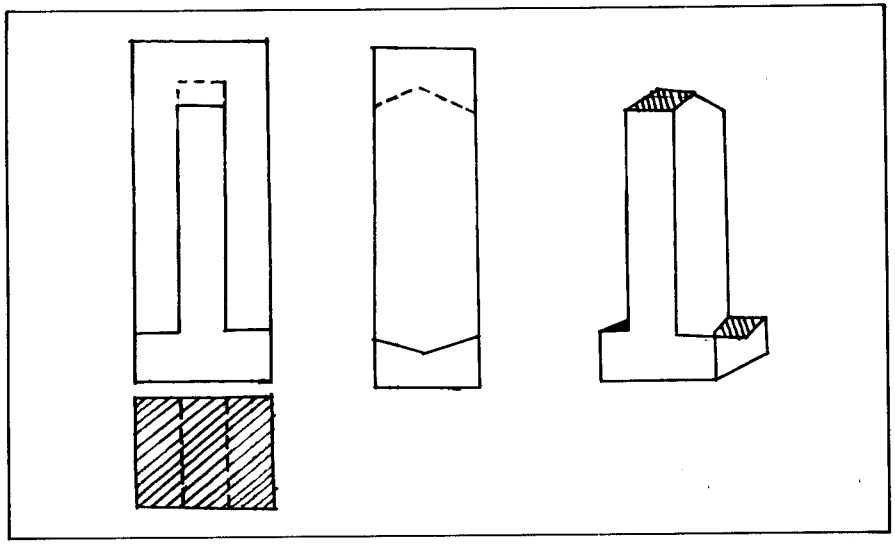
Bentuk pen penyambung trapesium. Ujung pen dan lebar dada masing-masing 1/5 tebal. Bidang sisi pen miring, panjangnya 2 – 3 tebal. Cara ini ditunjukkan oleh gambar 2-31.



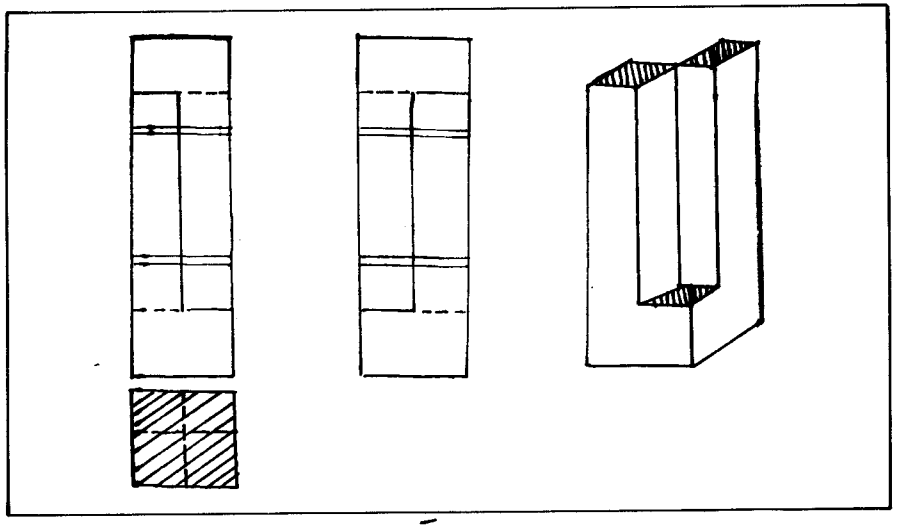
Gambar 2-31 ***Sambungan tiang dengan pen miring.***

3) *Sambungan tiang dengan pen bermulut ikan*

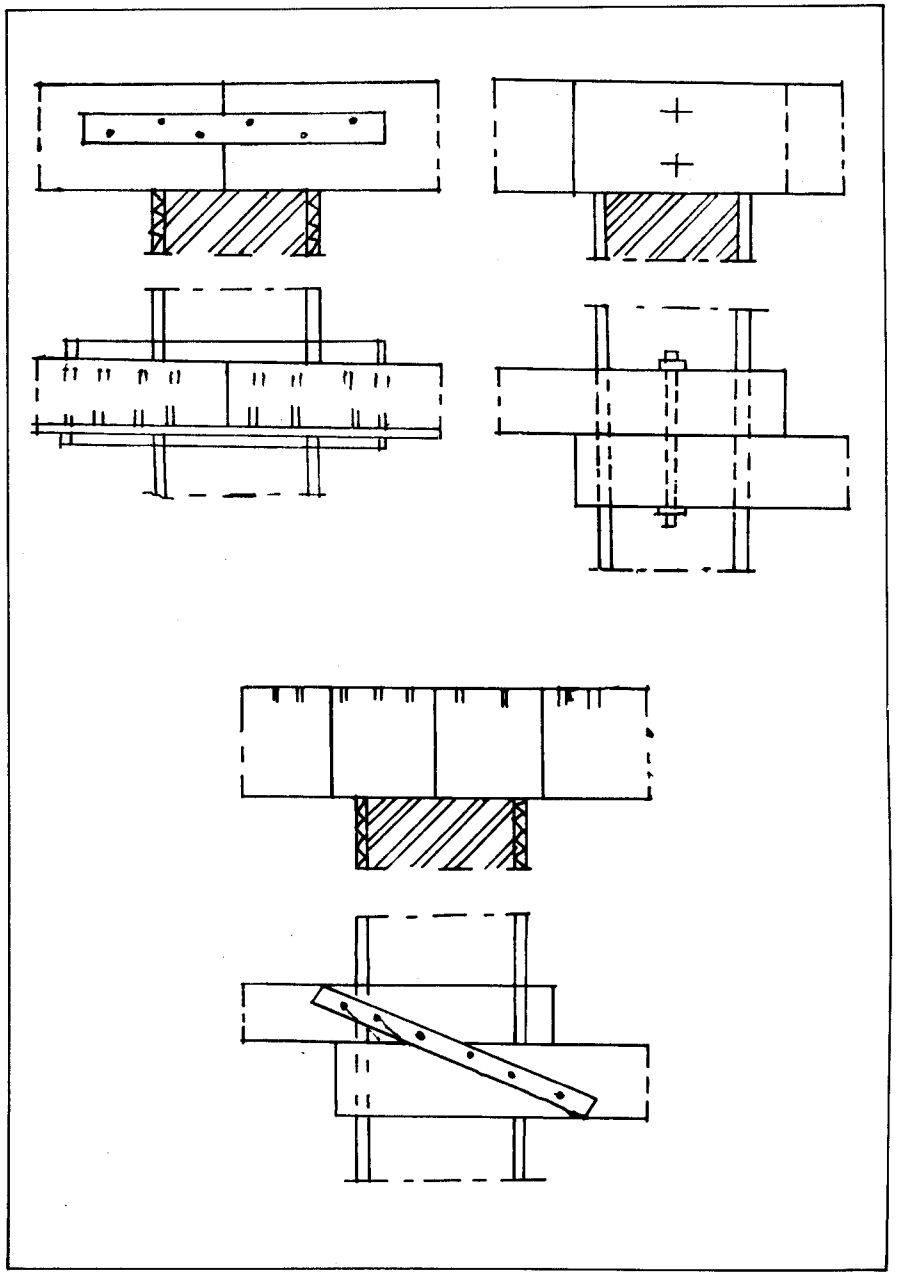
Gaya samping yang terjadi pada sambungan tiang, ditanggulangi dengan membuat dada yang menjorok 1/8t – 1/6t, (t = tebal tiang). Gambar 2-32 memperjelas cara ini.



Gambar 2-32 *Sambungan tiang dengan pen mulut ikan*



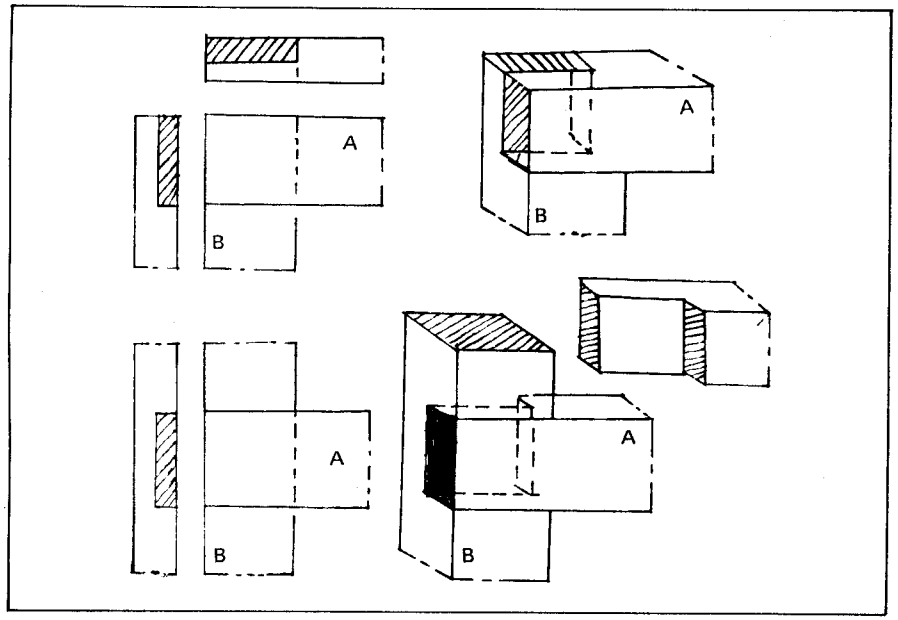
Gambar 2-33 *Sambungan silang dengan pen silang.*



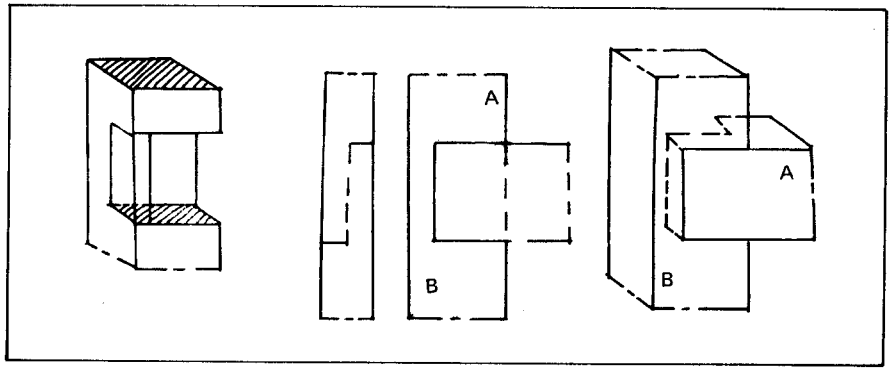
Gambar 2-34 *Sambungan dua balok di atas tembok.*

4) *Sambungan tiang dengan pen silang*

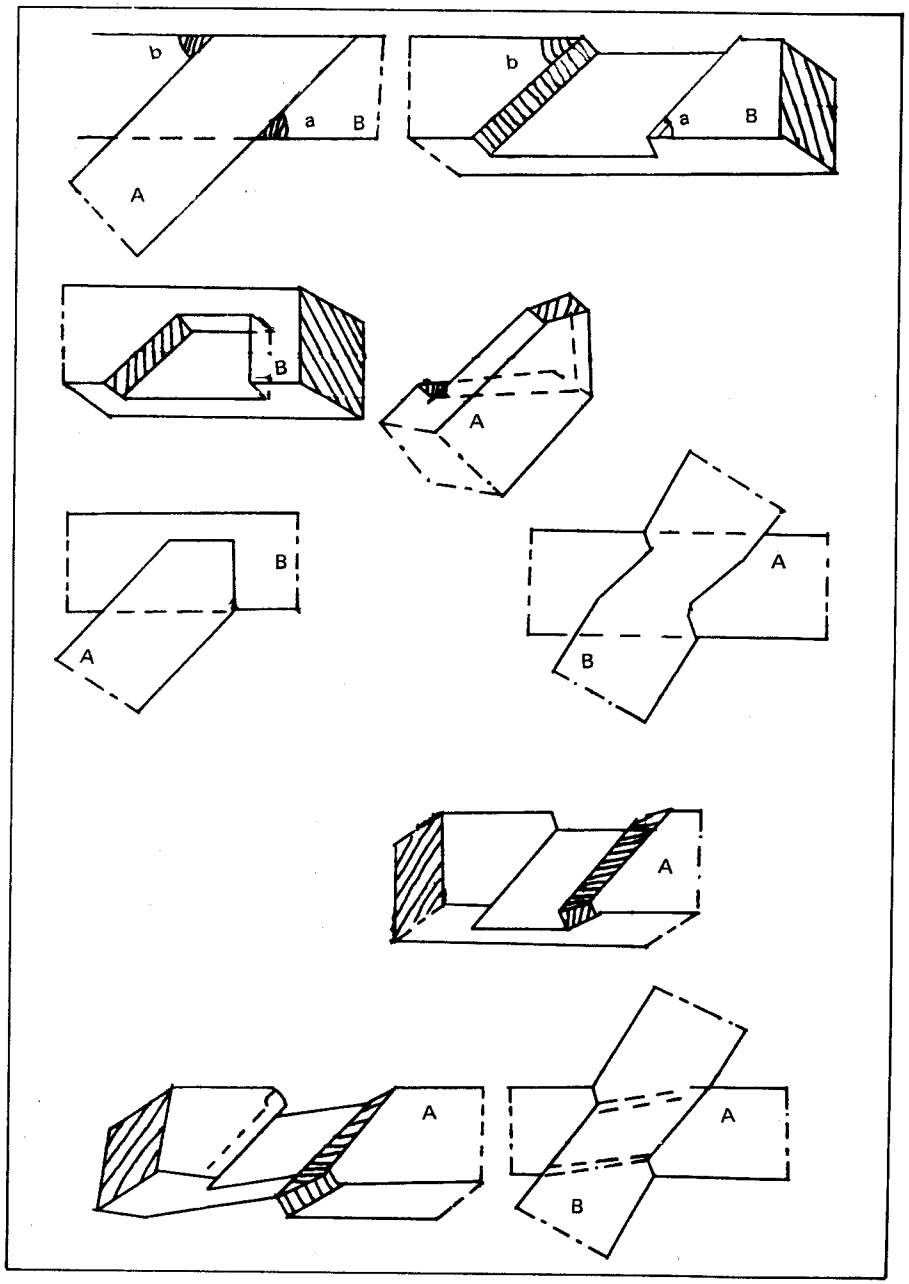
Kedua ujung tiang yang disambung dibagi empat sama besar. Kedua bagian yang berhadapan merupakan pen dari bagian bawah, sedang dua bagian lain merupakan pen dari bagian bawah, sedang dua bagian lain merupakan pen dari bagian atas. Hal ini dimaksudkan agar sambungan tiang kuat terhadap tekukan ke segala arah seperti terlihat dalam Gambar 2-33.



Gambar 2-35 *Sambungan dengan arah menyudut 90°.*



Gambar 2-36 *Sambungan dengan arah menyudut berstek.*



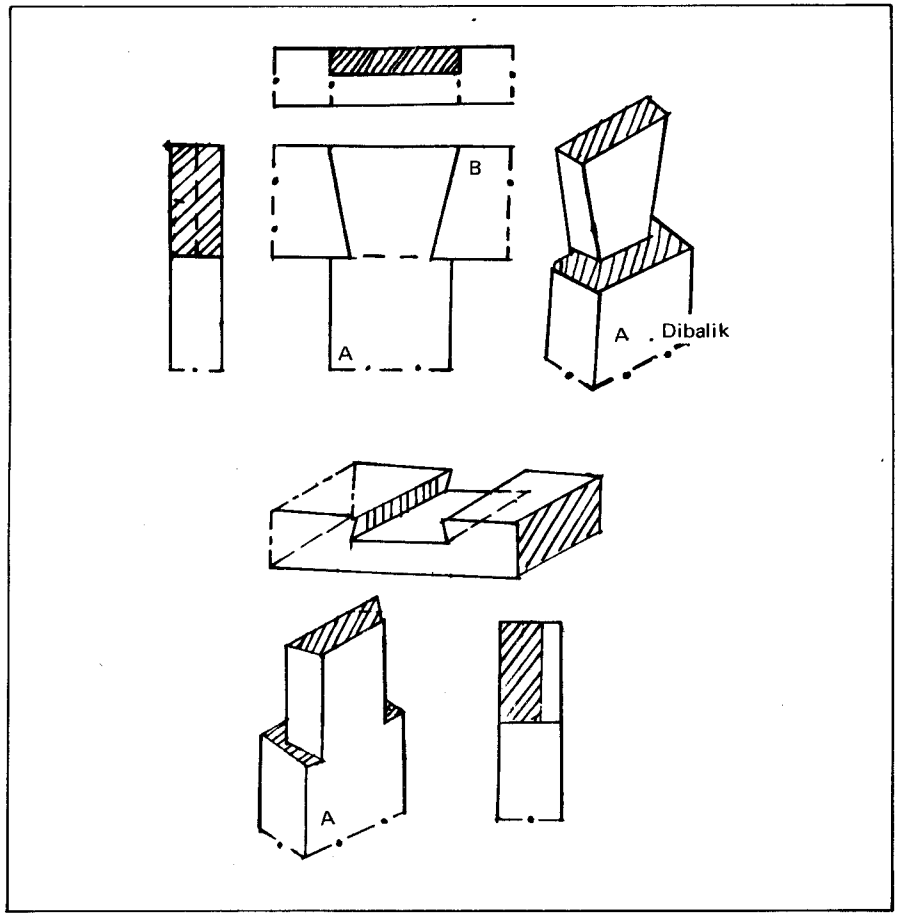
Gambar 2-37 *Sambungan dengan arah tidak bersudut 90°.*

D. SAMBUNGAN DUA BALOK YANG UJUNG-UJUNGNYA MENUMPANG DI ATAS TEMBOK.

Untuk sambungan dua balok yang ujung-ujungnya menumpang di atas tembok, batang satu dengan yang lain dapat dihubungkan lurus atau berdampingan seperti tercantum pada Gambar 2-34 (a, b, dan c).

2.8.3. Sambungan dengan arah menyudut

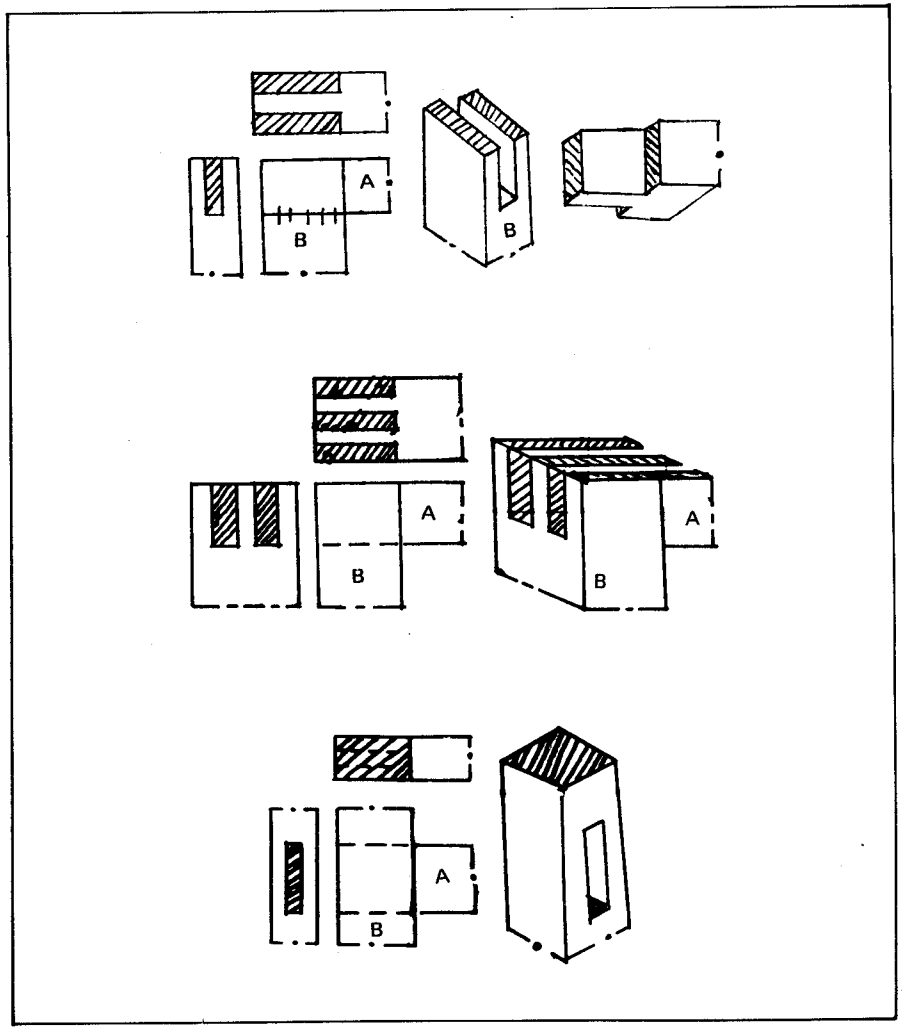
Posisi batang kayu yang disambung menurut cara ini tidak merupakan satu garis lurus, tetapi membentuk sudut antara batang satu dengan batang yang lainnya.



Gambar 2-38 ***Sambungan dengan ekor burung layang-layang.***

Bentuk-bentuk sambungan yang menyudut ini, bermacam-macam. Seperti misalnya; untuk yang bersudut 90° , ada yang sederhana (Gambar 2-35a dan 2-35b) yaitu dengan menarik setengah tebal dari masing-masing batang; terdapat juga tipe berstek (Gambar 2-36). Untuk sambungan yang tidak bersudut 90°, terdapat beberapa cara seperti tertera pada Gambar 2-37a, b, c, dan d.

Selain itu juga dikenal sambungan dengan ekor burung layang layang (Gambar 2-38a dan b), sambungan dengan pen dan lubang (Gambar 2-39a dan b serta c).



Gambar 2-39 ***Sambungan dengan pen dan lubang.***

3 Konstruksi Pintu Dan Jendela Kayu

1. SAMBUNGAN PINTU

Umumnya tebal pintu ialah 3½ – 4½ cm. Lebar tiang dan ambang atas sering kali menjadi 12 – 15 cm, lebar ambang tengah 14 – 18 cm dan lebar ambang bawah 16 – 28 cm (normalisasi).

Ukuran lebar yang telah disebut di atas ialah yang normal, akan tetapi dalam beberapa hal, berhubung dengan sesuatu tujuan istimewa atau untuk mendapat bentuk yang dikehendaki ukuran lebar itu dapat disesuaikan.

Untuk sambungan tiang dan ambang dipergunakan konstruksi menurut gambar 3-40 (a dan b).

Oleh karena kayu pintu dapat menyusut beberapa milimeter, maka kayu kepala pasak akan menonjol ke luar tiang. Ini tidak baik terlihatnya dan pada sisi putar pintu, dan membawa kesukaran-kesukaran pada waktu menutup pintu (Gambar 3-41a).

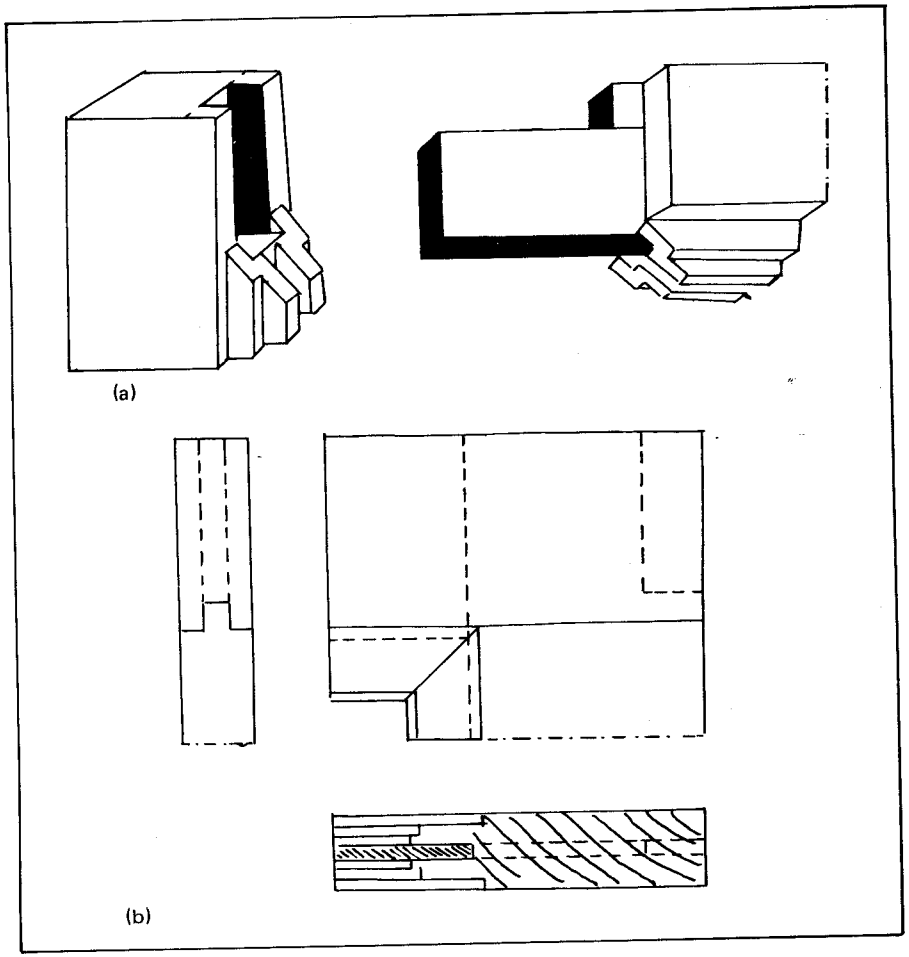
Kayu kepala akan menekan kepada sponeng dari tiang kosen, sehingga pintunya kembali lagi. Hal ini harus dapat dicegah, konstruksi dari gambar 3-40 terdahulu diubah sedikit, menurut gambar 3-41 di bawah dan pasak dijadikan 2 cm. lebih pendek. Apabila lubang diperlebar pada sisi belakang dan kemudian direkatkan dengan potongan pengisi yang arah ulirnya sama dengan kayu tegak. Potongan pengisi ini adalah sama tebalnya dengan pasak dan sudah tentu harus dijauhkan dari pasak, karena itu pelebaran dibuat sedemikian rupa, sehingga terjadi sebuah dada, potongan pengisi itu menyentuh dengan jarak ½ cm dari pasak.

Pada ambang tengah sambungannya dibuat seperti gambar 3-41b.

Kalau sambungannya ditutup dengan baji, maka mula-mula terjadi penutupan, kemudian panjang baji yang berlebihan dipotong dan akhirnya dipasang potongan pengisi.

Kalau pada waktu menutup sambungan pasak dan lubang dipergunakan perekat, hanya boleh dipasang dekat dengan dada, sehingga kalau kayu menyusut, dada akan tetap tertutup. Baji-baji itu harus diberi perekat hanya pada sisi-sisi samping.

Potongan pengisi untuk sementara dibiarkan menonjol ½ cm ke luar tiang pintu, karena kalau pintu dilekatkan, sisi-sisi tiang tidak menjadi rusak. Dengan alasan yang sama maka potongan pengisi ini dibiarkan menonjol 1 a 2 cm ke luar

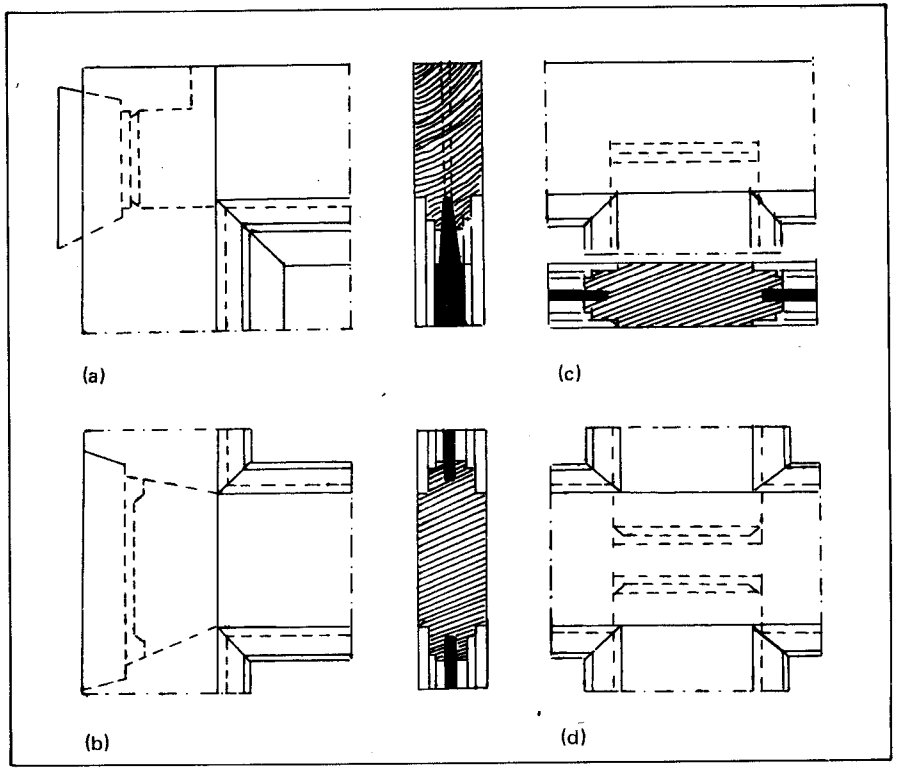


Gambar 3-40 *Sambungan tiang dan ambang pintu.*

ambang pada waktu pintu dicoba dipasang.

Kalau di dalam pintu terdapat sebuah tiang tengah, maka dalam hal ini juga dipakai cara sambungan yang sama. Akan tetapi panjang pasak itu menjadi 3 a 6 cm (Gambar 3-41c).

Di sini pasak tidak pernah dibuat sampai ke sisi luar tiang dan sambungan ini tidak perlu ditutup. Dapat juga kita lihat pada gambar 3-41d di sini diberikan sambungan-sambungan dari tiang tengah dalam ambang tengah, pula di sini hanya perlu pasak-pasak pendek.



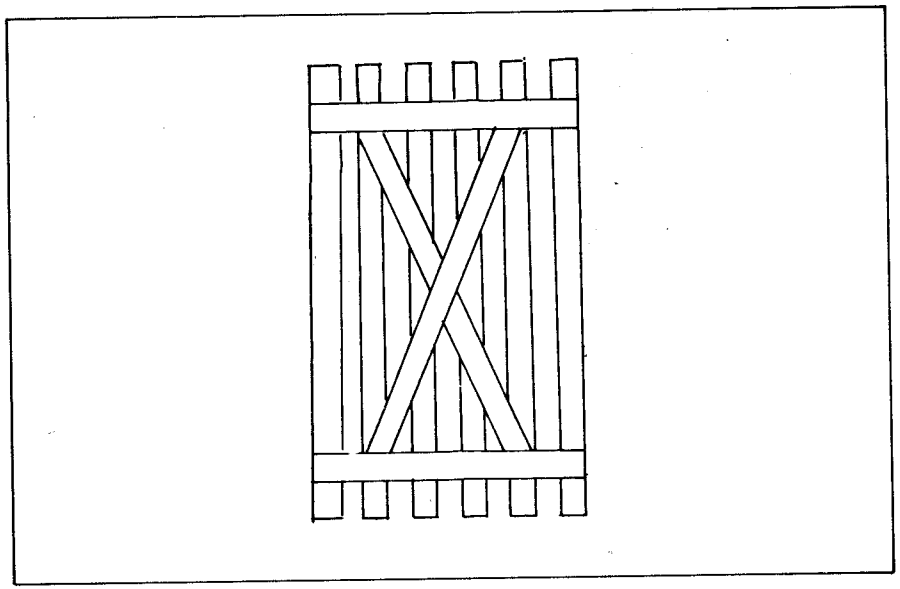
Gambar 3-41 *Sambungan pintu dengan sponning dan baji.*

Untuk lebih jelasnya lagi, marilah kita lihat pada macam-macam sambungan pintu di antaranya adalah :

1.1. Pintu lat

Pintu ini paling sederhana konstruksinya dan hanya dipakai untuk penutup ruangan terbuka. Misalnya : pintu halaman, pintu gang dan lain sebagainya. Ini dibuat dari lat-lat kayu tegak berjarak antara yang dipasang dengan paku pada 2 atau lebih klamp yang mendatar.

Meskipun bobotnya tidak berat, akan tetapi setelah beberapa lama akan melesak, sehingga tepi bawah menyeret pada tanah/lantai. Ini dapat dicegah dengan memasang 2 schoor (sorong) yang dititik persilangan saling dihubungkan dengan takikan setengah tebal kayu. Pada kedua ujungnya dihubungkan dengan gigi pada klamp-klamp (lihat gambar 3-42).



Gambar 3-42 *Pintu lat.*

1.2. Pintu Kelem

Pada bagian-bagian bangunan yang dikerjakan dengan murah, misalnya bangunan tambahan, dinding kayu dan sebagainya maka dipergunakan pintu-pintu yang sederhana yang dinamakan pintu tupai. Pintu-pintu ini terdiri atas dinding yang bagian-bagiannya dilubungkan dengan kelem.

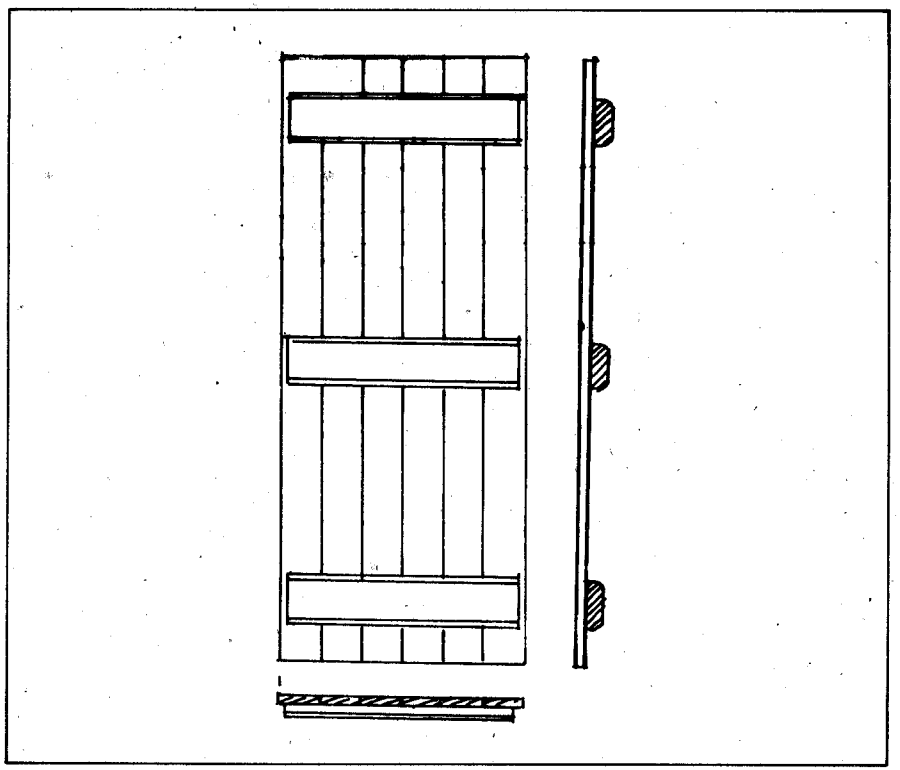
Papan-papan itu disambungkan satu dengan lainnya dengan pegas dan alur. Sedangkan selanya diberi profil dan atau tidak diberi profil. Agar supaya sela-sela susut tetap sekecil mungkin, maka papan tidak boleh diambil terlalu lebar, lebih baik lebarnya tidak lebih dari 12,5 cm (5″).

Papan-papan dipaku di atas kelem, dan diperhatikan supaya sisi papan dipaku di atas kelem dan agar tidak mendapat kesulitan pada waktu memaku dan kemungkinan bahwa papan itu akan pecah.

Dinding digunakan kayu yang tebalnya 16 – 20 mm, kayu tertipis harus dipaku di atas kayu tertebal, maka tebal kelem itu akan menjadi 22 – 28 mm.

Paku adalah 0,5 cm lebih panjang daripada tebal kayu seluruhnya. Titik-titik yang ditembus dibengkokkan dengan sebuah dravel sehingga diperoleh kesatuan yang kokoh.

Pada umumnya dipakai 3 buah kelem (Gambar 3-43) dalam hal ini kelem paling tengah terletak setinggi kunci yang dipasang di atasnya. Cara memasang



Gambar 3-43 *Pintu kelem.*

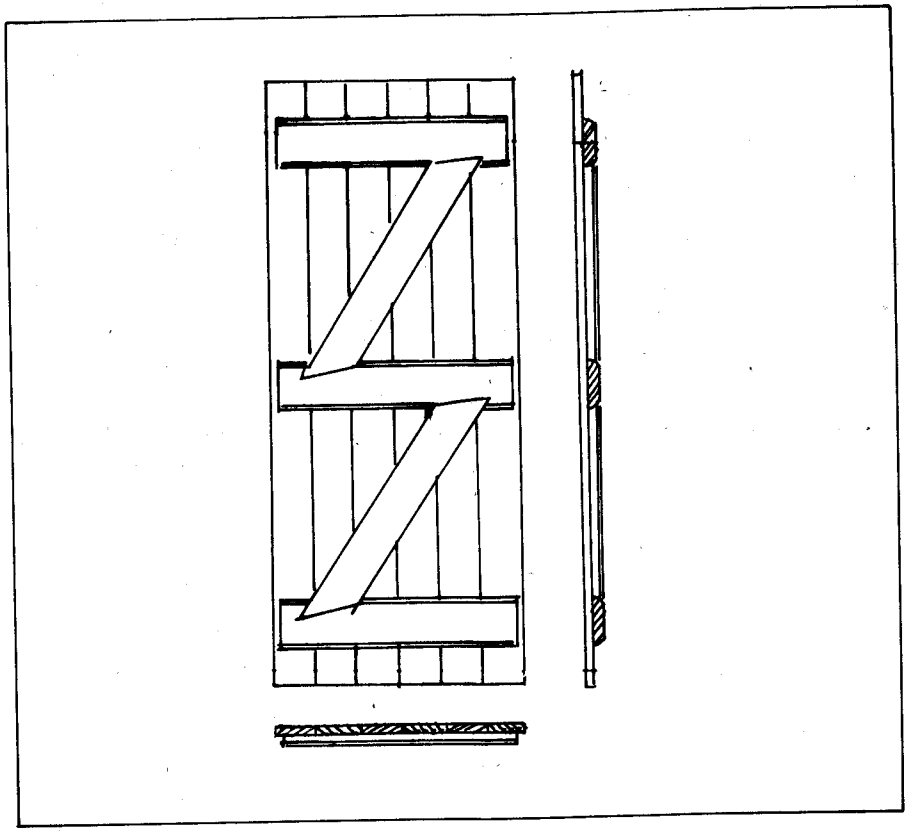
kelem ini kurang tahan untuk gerak turun yang terus menerus, maka pengaman diberi kelem pebopang (kelem tusuk, Gambar 3-44). Kelem-kelem ini selalu dipakai sebagai kelem tekan bukan sebagai kelem tarik.

Sudut atas dari sisi kunci pintu ditahan oleh kelem dengan membuah gigi dan bibir pada sambungan tersebut. di mana pada sisi ini terdapatlah sebuah bentuk dari "vergaardwerk" dan untuk kelem-kelem yang tegak itu dinamakan kelem-kelem cermin.

Kelem-kelem itu dipasang seperti pada gambar 3-45.

1.3. Pintu-pintu Panel

Sebagai pintu yang lebih baik lagi dari pada klem tadi adalah jenis sambungan pintu panel yang terdiri dari bingkai yang menjepit papan, di mana untuk tebal bingkai adalah 3,6 atau 4 cm.



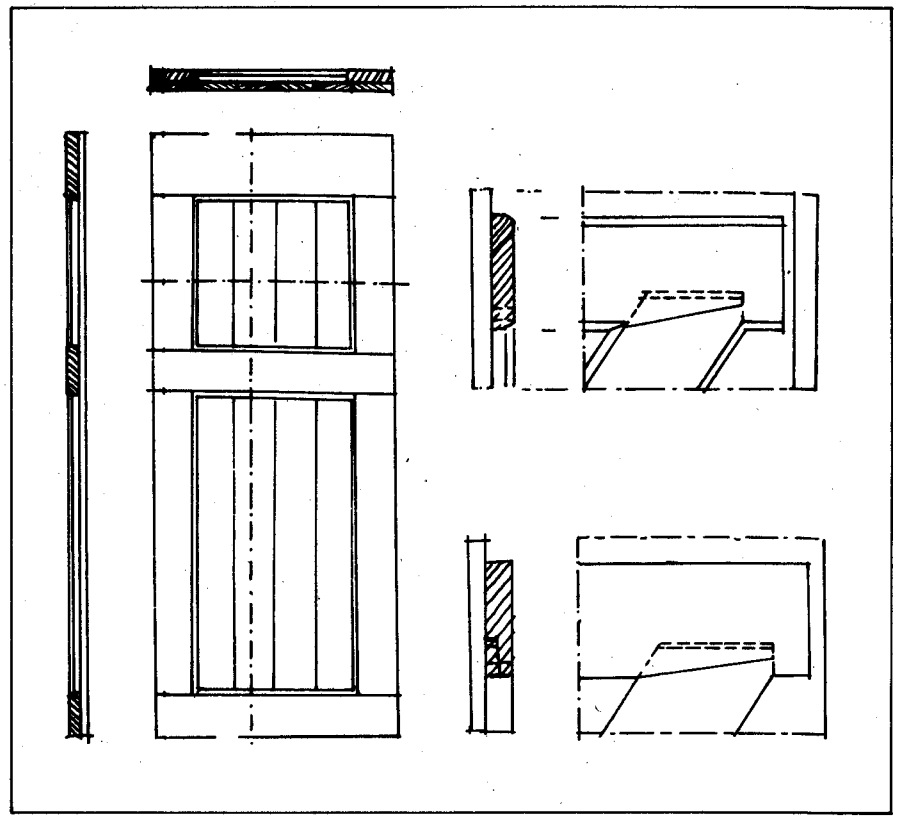
Gambar 3-44 ***Pintu Kelem Tusuk.***

Untuk ukuran minimum lebar bingkai :

- tiang 12 cm
- ambang atas 14 cm
- ambang bawah 24 cm.

Panel dibuat dari papan berserat lurus serta kering, tebal 1,5 a 2,5 cm. Jikalau ini terdiri dari beberapa papan hubungannya dibuat dengan alur dan lidah, yang sebelum dipasang setangkup diulas dulu dengan lem kayu.

Keliling tepi panel diketam miring, lebar 4 a 6 cm dan tebal pada tepinya 6 mm. Bidang miring ini dinamakan "bossing" dan lebarnya tergantung dari besar kecilnya panel. Supaya didapat peralihan yang tegas, diketam kusen sedalam 3 mm. Gambar 3-46 memperlihatkan sebuah pintu berpanel empat yang dibuat



Gambar 3-45 ***Kelem Tusuk dibahan dengan gigi dan bibir.***

oleh mesin : di dalamnya terdapat panel-panel dari tripleks.

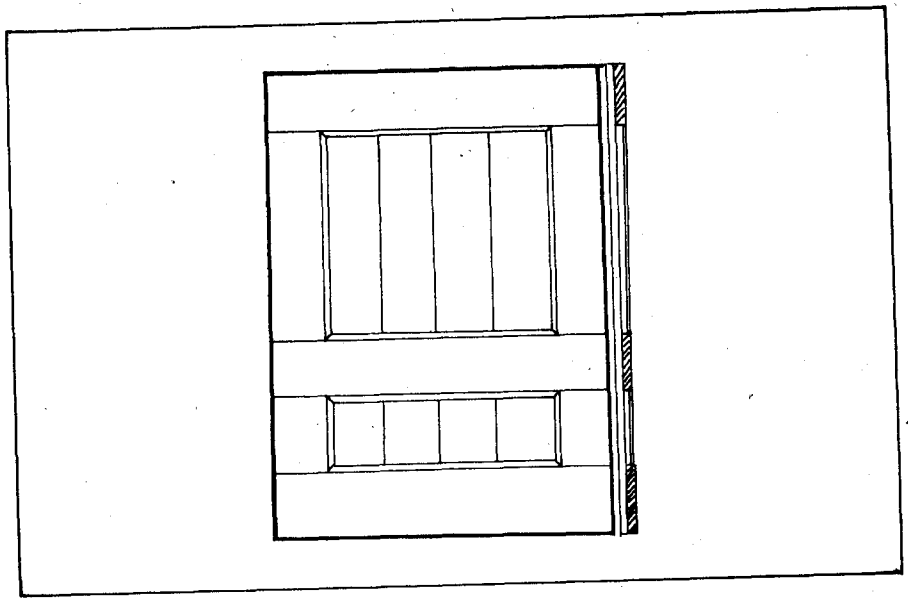
Pada panel yang tebal diketam bossing dobel (luar dan dalam) sedang pada panelnya tipis, misalnya 1,5 cm hanya berbossing pada sisi luar saja, jadi sisi dalam datar (Gambar 3-47).

1.4. Pintu-pintu Kaca

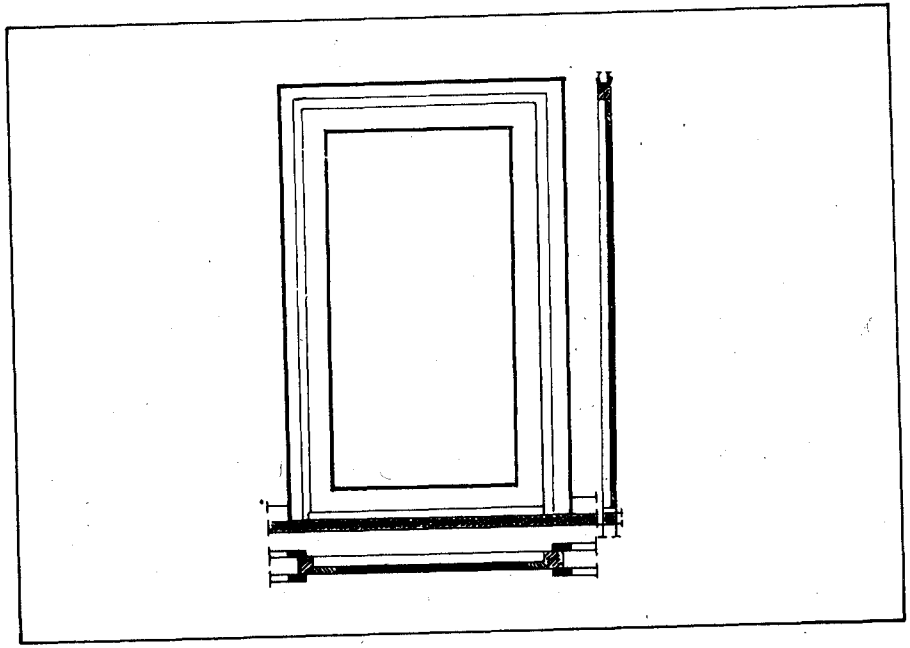
Kalau sebuah pintu juga dipakai untuk meneruskan cahaya, maka dipakailah pintu kaca gambar 3-48.

Pada umumnya orang menghendaki agar bidang cahaya inilah sebesar-besarnya, maka di tempat kaca akan diletakkan tiang itu dibuat sesempit-sempitnya. Sehingga akan mengurangi kekuatan dan kekukuhan pintu, maka diperlukan

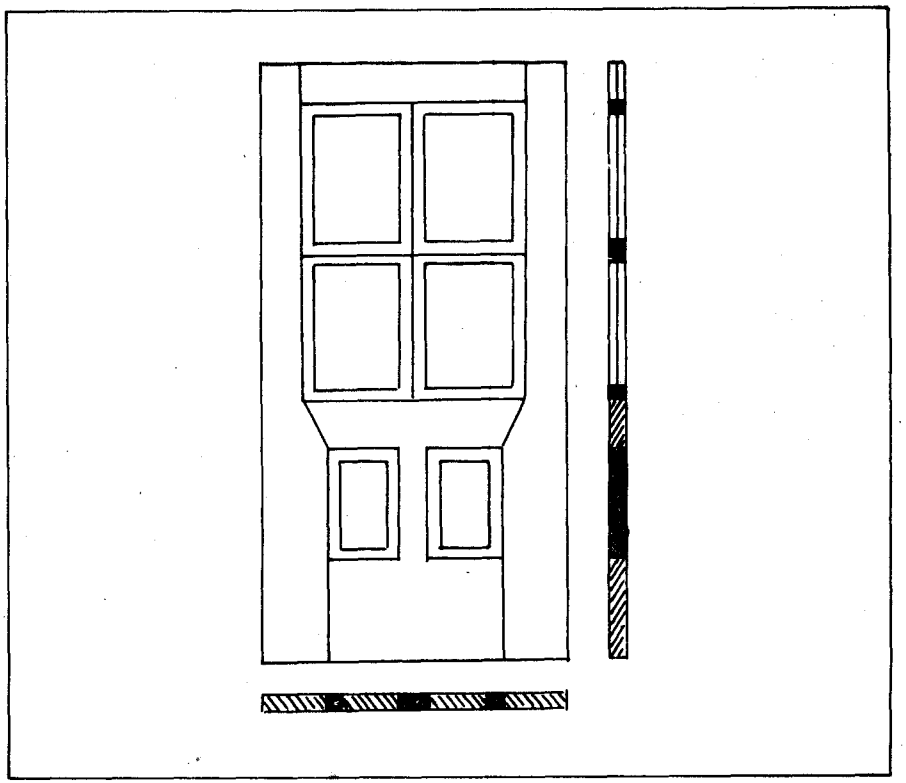
PERPUSTAKAAN WILAYAH DEPARTEMEN K
Jl. Walikota Mustajab. 68
SURABAYA



Gambar 3-46 ***Kelem-kelem pintu panel.***



Gambar 3-47 ***Pintu panel diketam dengan bossing dobbel.***



Gambar 3-48 ***Pintu kaca.***

tiang di tempat panel yang dilebarkan seperti terlihat pada gambar 3-49.

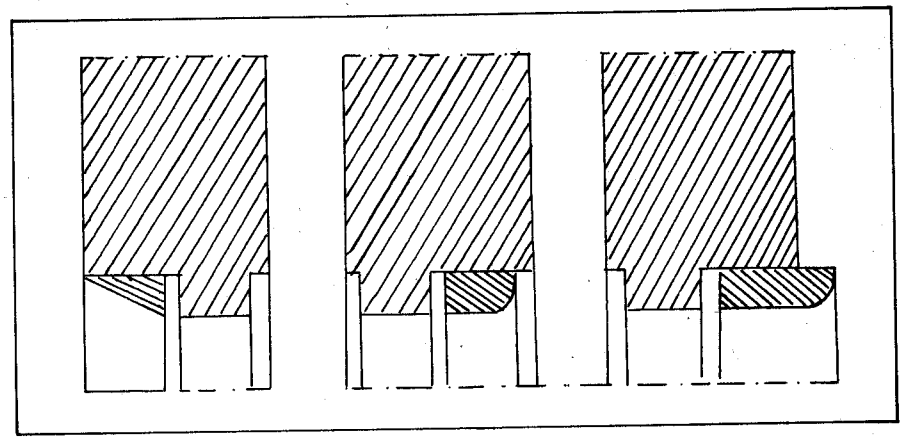
Untuk ukuran kaca kita kenal beberapa macam, menurut tebalnya : engkel dobel dan triple.

Pemasangan kaca dapat dilakukan dengan 2 cara :

1.4.1. Dari sisi dalam (sisi dog)

Ruangan sisi pada sponing diisi penuh dengan dempul. Bidang sponing yang akan ditempeli kaca harus diulas dengan menie, lalu ditempeli selapis tipis dempul yang lunak dengan dicampur sedikit menie.

Sekarang kacanya dipasang dengan menekankan ringan pada bidang sponing yang dilapis dengan dempul lunak, dan kaca itu ditahan di tempatnya dengan paku kecil. Ruangan sisa dipenuhi dengan dempul konstruksi ini menjadi kedap air.



Gambar 3-49 *Sambungan pintu kaca.*

1.4.2. Dari sisi luar

Setelah bidang sponing yang akan ditempeli kaca diulas dengan menie, dan ditempeli selapis tipis dempul yang lunak kacanya dipasang seperti yang diuraikan di atas.

Tanpa paku kecil yang menahan kacanya, langsung dipasang lat kaca yang tebalnya sama dengan lebar sponing kaca, yaitu 1 cm. Tebal lat kaca itu sedalam ruangan sisa, dikurangi atau ditambah dengan 3 mm, supaya tidak menjadi sebidang dengan permukaan luar dari pintu, dan hasilnya dibentuk profil sederhana.

Pada bidang yang tidak bersponing diketam profil sederhana 1 cm (= lebar sponing), supaya bingkai itu nampaknya ramping (bagus) dan untuk tunggal atau double selebar 3 mm.

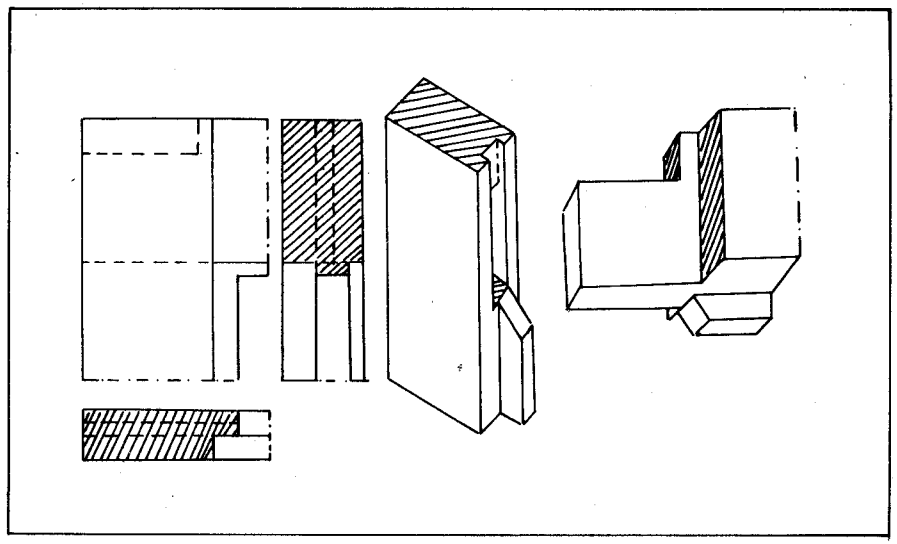
Hubungan tiang A dengan ambang B : pen dan lubang dengan "pasak" (Gambar 3-50).

Pada A dipahat lobang, sedang pada B digergaji pen dengan pasaknya. Pada sisi "dag pen" diperkecil dengan selebar sponing yaitu 1 cm, supaya profil dapat mengelilingi sisa "dag".

Pada pertemuan dengan B dibuatkan "vester". Penguncian hubungan ini digunakan paku kayu (toog).

1.5. Pintu Yalusi/Krepyak (Gambar 3-51).

Pintu ini dibuat agar, walaupun pintu dalam keadaan tertutup, masih ada ventilasi. Konstruksinya sama dengan pintu kaca. Lembar-lembaran kaca diganti dengan papan yang dipasang miring 45° , dengan berjarak antara vertikal sama dengan tebal bingkai. Tebal bingkai 3, 6 a 4 cm.



Gambar 3-50 *Hubungan Tiang dengan ambang untuk pemasangan pintu kaca sisi luar.*

Ukuran minimum lebar daun/bingkai pintu :

- tiang 12 cm
- ambang atas 14 cm
- ambang bawah 24 cm.

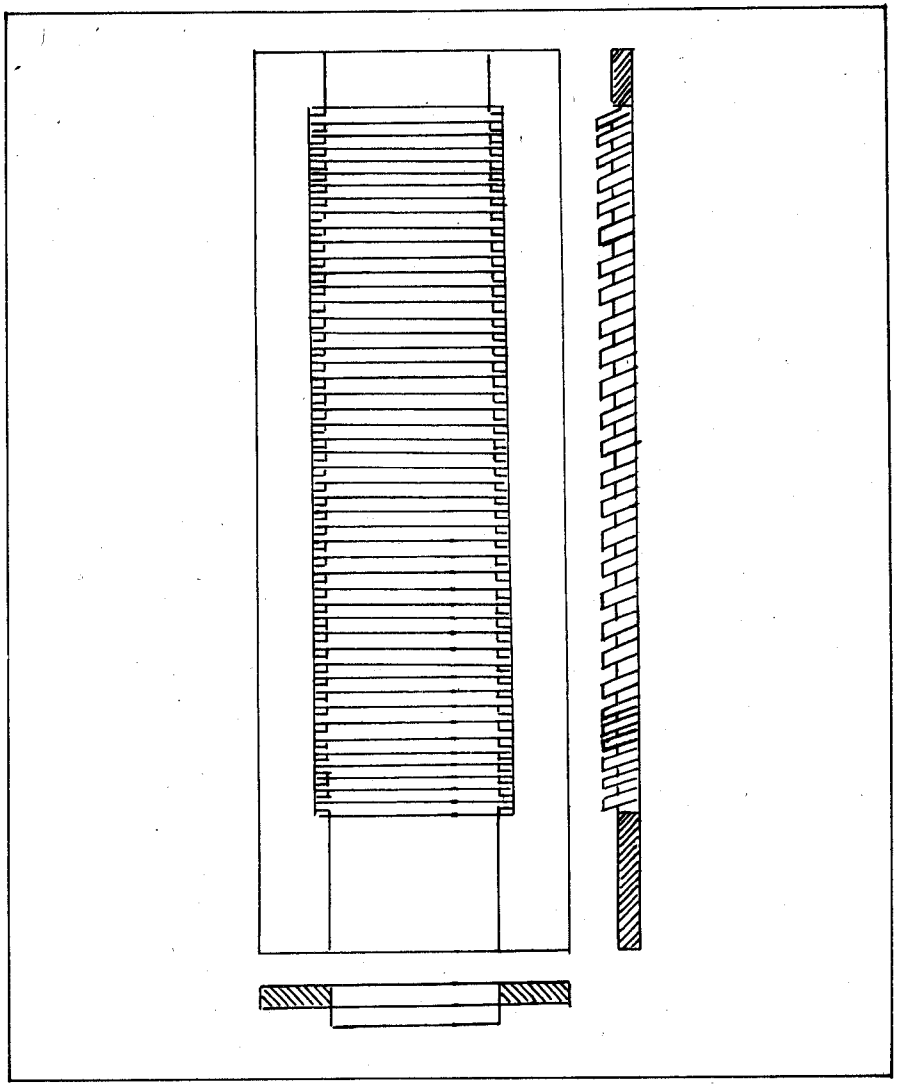
Papan yalusi tebal 1 cm, lebar 9 a 10 cm, panjang sama dengan lebar "dag bingkai" + 2 x 1 cm, berprofil sederhana, lebar 1 cm dalam 3 mm. Bingkai juga berprofil lebar pasti 1 cm, dalam 3 mm, untuk pemasangan papan-papan yalusi pada kedua tiang di sisi dag ditarik alur-alur miring 45° yang lebarnya setebal papan yalusi.

Supaya papan-papan itu tidak meluncur ke bawah, pada kedua tiangnya. Sisi dag ambang bawah dan atas diketam miring 45° ke sisi luar dan ke sisi dalam.

Hubungan ambang dengan tiang dibuat dengan hubungan pendan lobang dengan spat pen. Tapi ataspun harus bebas 3 mm, dari kedua pemiringan yang dibuat pada ambangnya. Lebar spat pen ¼ lebar pen, dengan minimum 2 cm. Penguncian dengan pantek kayu (toog).

Pada sisi dalam sekeliling hubungan papan-papan yalusi dengan bingkai dipasang lat tutup tebal 0,75 a 1 cm, lebar 1 cm.

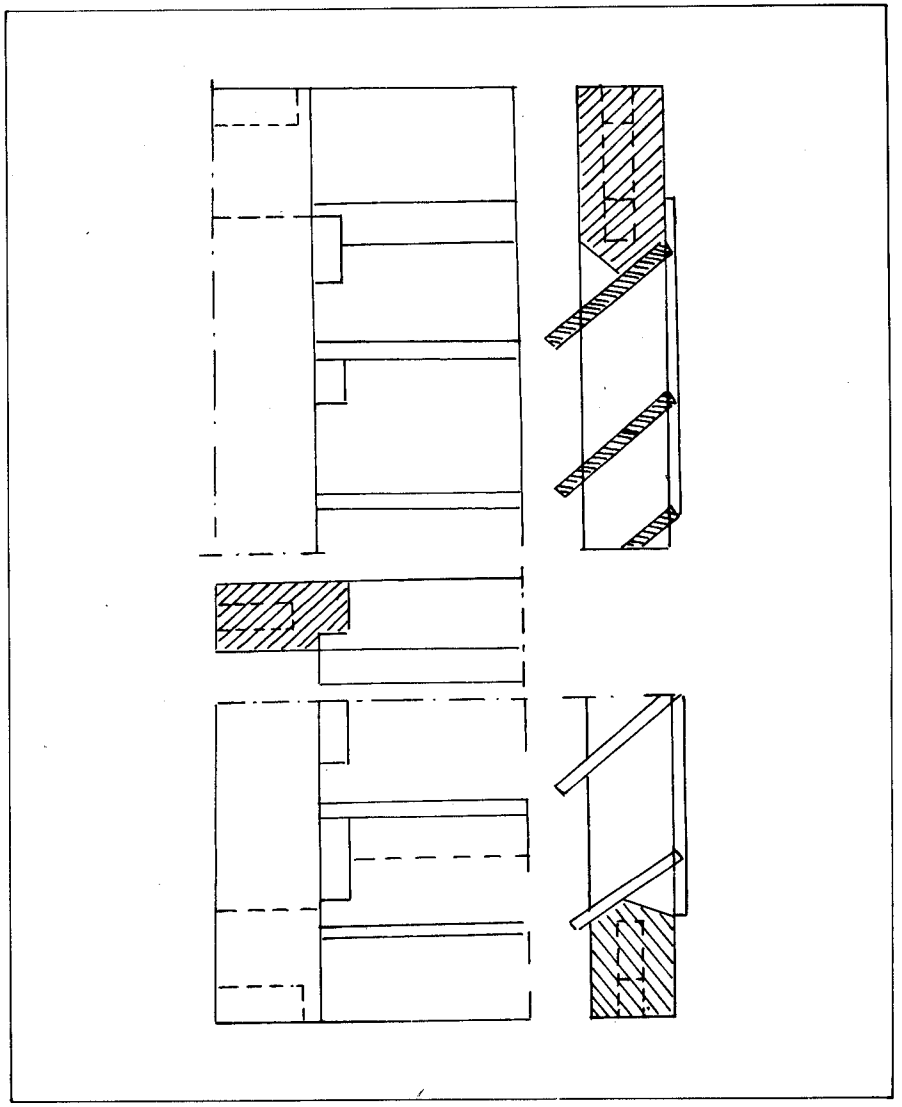
Gambar 3-52 memperlihatkan hubungan ambang dengan tiang. Gambar 3-53 memperlihatkan profil yang diketam pada tepi bawah papan yalusi.



Gambar 3-51 *Pintu Krepyak*

2. MACAM PINTU

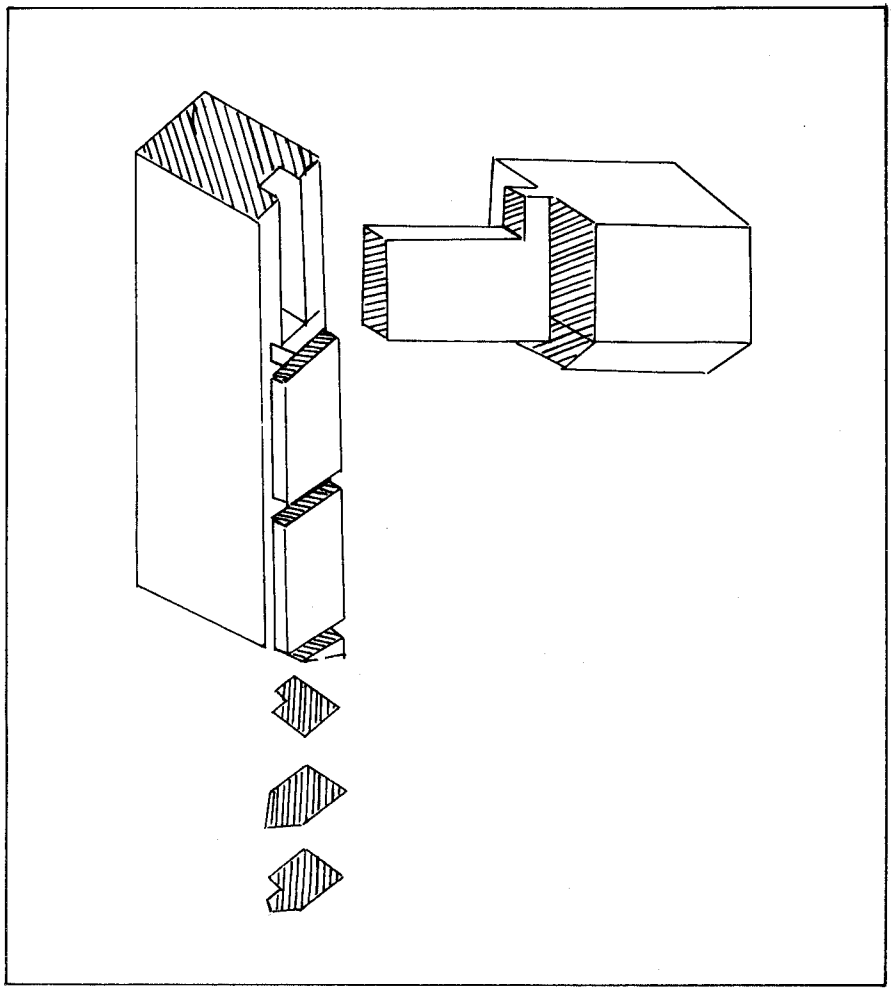
Pintu yang telah diuraikan itu tidak dipasang langsung begitu saja pada dinding, akan tetapi supaya dapat diputar (dibuka & ditutup) harus di-



Gambar 3-52 *Hubungan ambang dengan tiang.*

pasang pada engsel-engsel. Sedang untuk mengkukuhkan menutupnya dipasangi kunci dan biasanya setinggi 100 cm di atas lantai.

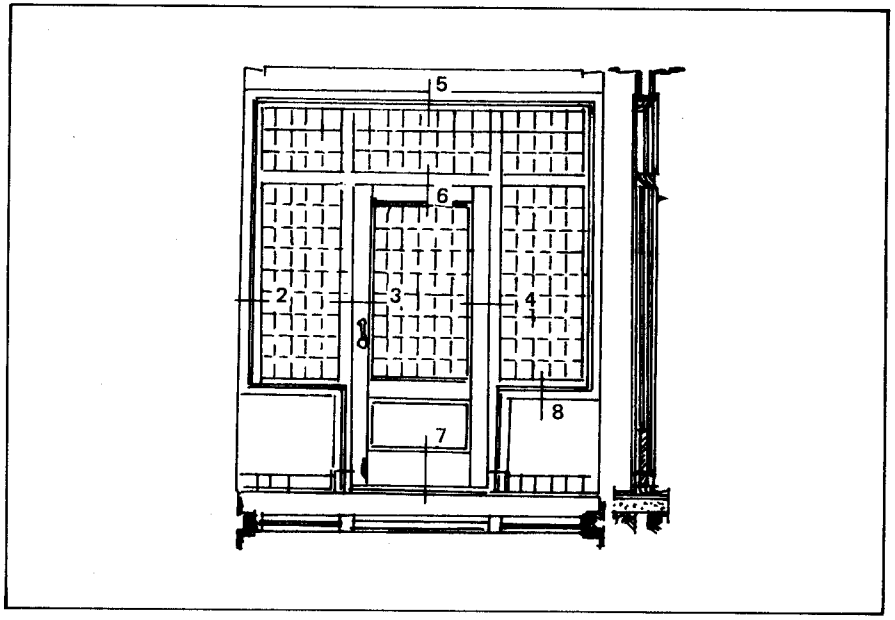
Untuk macam-macamnya dapat diperlihatkan sebagai berikut:



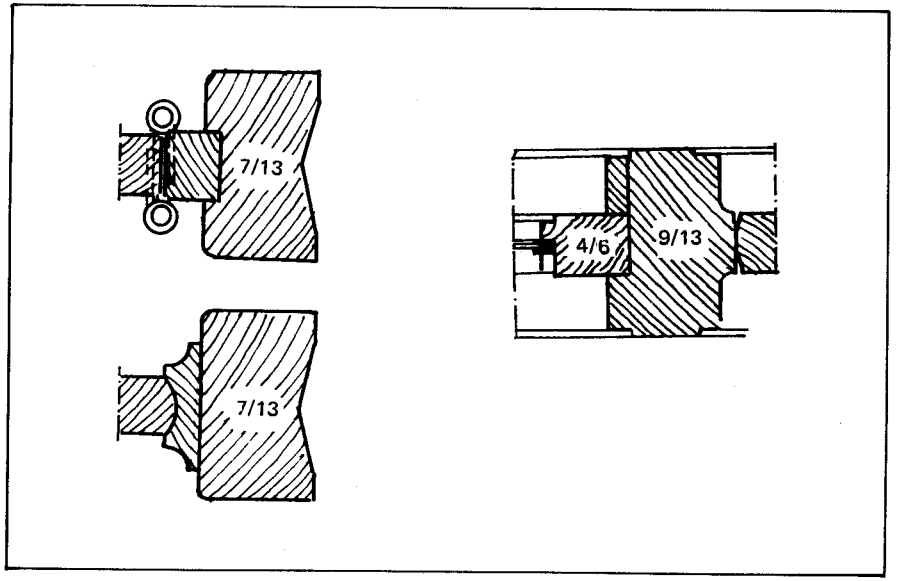
Gambar 3-53 *Gambar Profil Tepi Bawah Papan Yalusi.*

2.1. Pintu Angin Dengan Pintu Berputar Terus (Gambar 3-54).

Sebagai penutup antara gang atau portal dan portal angin sering kali dipergunakan kosen pintu angin tunggal atau pintu rangkap berputar terus. Acap kali pintu itu menutup seluruh dinding. Harus banyak meneruskan cahaya, kecuali kalau ruangan yang terletak di belakangnya menerima cahaya dari sisi lainnya, maka digunakan pintu kaca.



Gambar 3-54 *Pintu Angin Berputar Terus*

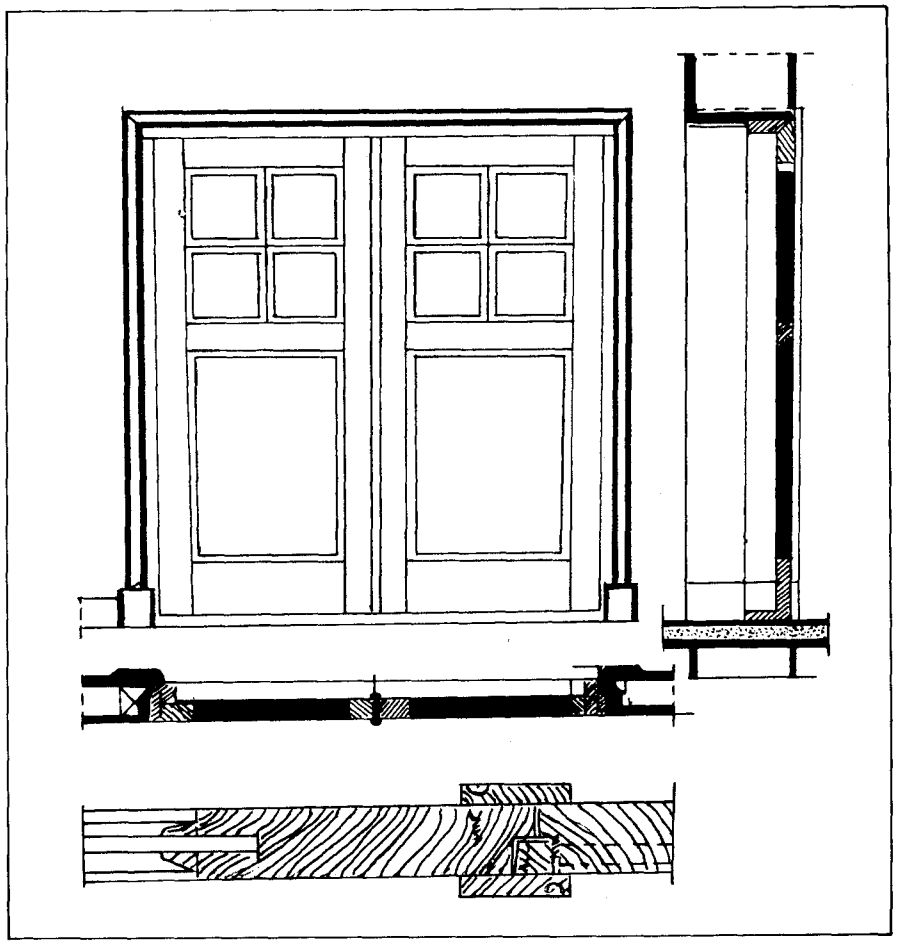


Gambar 3-55 *Sambungan Pintu Berputar*

Pintu-pintu ini ditempatkan di tengah-tengah lebar kayu kosen karena pintu-pintu itu dapat berputar kedua arah itu. Untuk sambungannya dapat digambarkan seperti Gambar 3-55.

Sponing yang biasa tidak dapat dipakai lagi, karena pintu tidak dapat berputar, sehingga sponing ini diganti dengan sponing gerongga dan tiang pintu diselesaikan dengan snai. Lebih baik untuk membuat mistar-mistar di dalam sisi bentang kosen dan mencoak sayap-sayap engsel di dalamnya (Gambar 3-56).

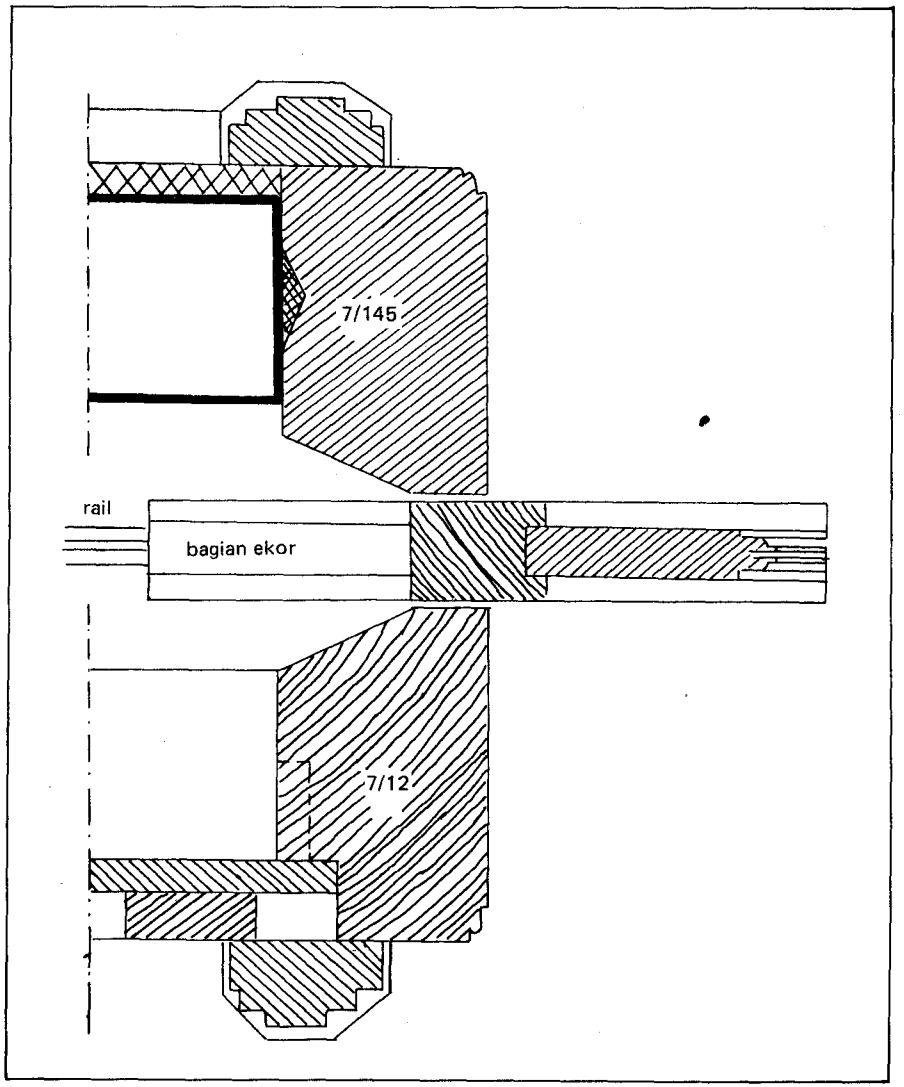
Kedua sisi tiang pintu harus dibulatkan, di dalam sikap yang telah digambarkan, maka pintu harus menggantung pada tempatnya dan engsel-engsel yang



Gambar 3-56 *Pintu Berputar*

berputar terus harus dipasang dengan tepat supaya pintu tidak berputar kian kemari karena angin. Kadang-kadang di dalam tiang pintu ditempatkan suatu pembentuk. Pembentuk ini dibuat pabrik sedemikian rupa, hingga dapat mengunci.

2.2. Pintu Berganda



Gambar 3-57 *Bagian Sorong dari Pintu*

Pintu-pintu untuk masuk ke ruang bangunan umum dan sering kali harus dibuat ganda, sehingga bila terjadi lalu lalang orang dalam jumlah banyak dapat berbentuk terusan yang lebih besar.

Kosen dan pintu-pintu dapat dipakai konstruksi yang biasa. Pintu di tengah-tengah tidak mendapat penahanan di dalam tiang kosen jadi penahanan itu harus didukung dengan cara lain, seringkali salah satu dari pintu itu tetap tertutup. Pintu ini dipasang dengan geseran di sisi depan atau pada sisi tebal dari pintu, di dalam tiang bawah dan atas dari kosen dan sekarang pintu itu dipakai sebagai penahan untuk yang lain.

Hal ini diperoleh dengan cara yang mudah di mana diketam sebuah sponing di dalam kedua pintu itu, hanya harus diperhatikan cara menempatkan kunci, sebab sponing menjadi lebih kecil dibagian dalam pintu yang pertama kali dapat berputar.

Sela dari tiap-tiap pintu dihilangkan dengan memberi sekerup, dan pita baja.

Selain dengan memutar, maka pintu dapat dibuka dengan pendorong. Pintu ini tidak menjadi rintangan bagi lalu lintas, karena dapat disorong ke samping dinding atau di antara dua buah dinding.

Beberapa pintu tersebut disorong ke samping tetapi ada pula yang disorongnya ke atas atau ke bawah, maka harus menyediakan ruangan di bagian atas atau bawah.

Pintu-pintu itu disorongkan di atas rel, dan pada pintu dipasang kunci roda.

Dinding rangkap itu terdiri atas sebuah dinding tembok dan sebuah dinding kayu, pintu disorong di antaranya. Dapat juga dibuat sebuah tembok dikedua sisi atau sebuah dinding kayu di kedua sisi.

Lubang pada dinding tembok ditutup dengan dua buah kosen, dan masing-masing dinding dipasang kosen dinding menonjol 2 a 3 cm pada sisi pintu dengan jarak dalam dinding. Sisi belakangnya dibuat miring supaya memberi antara dan waktu pintu ditutup dan kalau tiang melengkung karena kayu bekerja.

4 Konstruksi Kuda-kuda

Konstruksi kuda-kuda ditetapkan berdasarkan beban yang akan didukung serta pemanfaatan ruangan-ruangan di bawahnya. Kerangka yang mendukung beban itu disebut kuda-kuda (spant). Beban-beban yang didukung terbentuk oleh berat rangka atap serta penutupnya. Kuda-kuda ini dipasang pada jarak tertentu dan pembuatan serta pelaksanaannya dilakukan oleh tukang kayu.

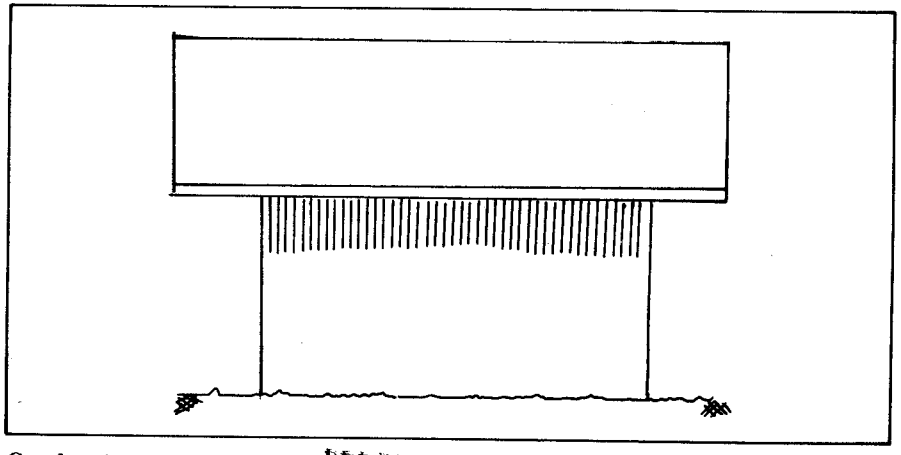
Bentuk-bentuk atap yang sederhana adalah bentuk atap datar, atap sandar, atap pelana, atap tenda, atap bubungan miring, dan beberapa yang lain: atap menara, atap kubah, atap minangkabau, atap joglo, atap setengah bola, atap gergaji, atap silang, atap gabungan.

Penutup bidang atap yang sederhana dapat berupa genteng, seng, bambu atau sirap. Macam penutup yang lain adalah beton, kaca, semen asbes gelombang.

Kuda-kuda yang banyak dilakukan dan sederhana bentuknya adalah bermacam-macam :

1. MACAM-MACAM KUDA-KUDA

1.1. Kuda-kuda Atap Pelana



Gambar 4-58 *Kuda-kuda Atap Pelana*

PERPUSTAKAAN WILAYAH DEP. P DAN K
Jl. Walikota Mustajab. 68
SURABAYA

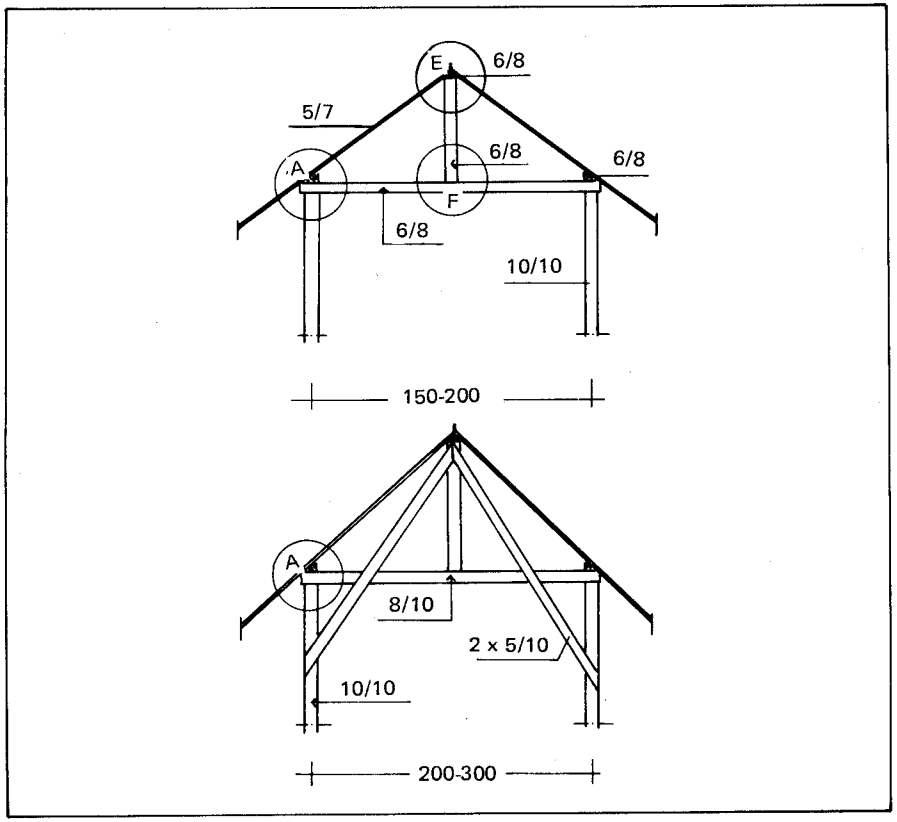
Bentangan untuk kuda-kuda ini kecil berkisar 1,5 – 2,5 m dibutuhkan balok ikat, satu tiang kuda-kuda balok bubungan dan blandar atau plat tembok pada bangunan yang ditembok. Banyak dilakukan orang bubungan atap langsung dilapis dengan tiang kap.

1.2. Kuda-Kuda Gantung

Pada kuda-kuda ini digunakan batang gantung atau tiang kuda-kuda, selain itu berfungsi juga untuk menstabilkan konstruksinya sebagai tempat untuk menggantungkan balok ikatnya.

1.3. Kuda-Kuda Bentang 1,5 – 3 m

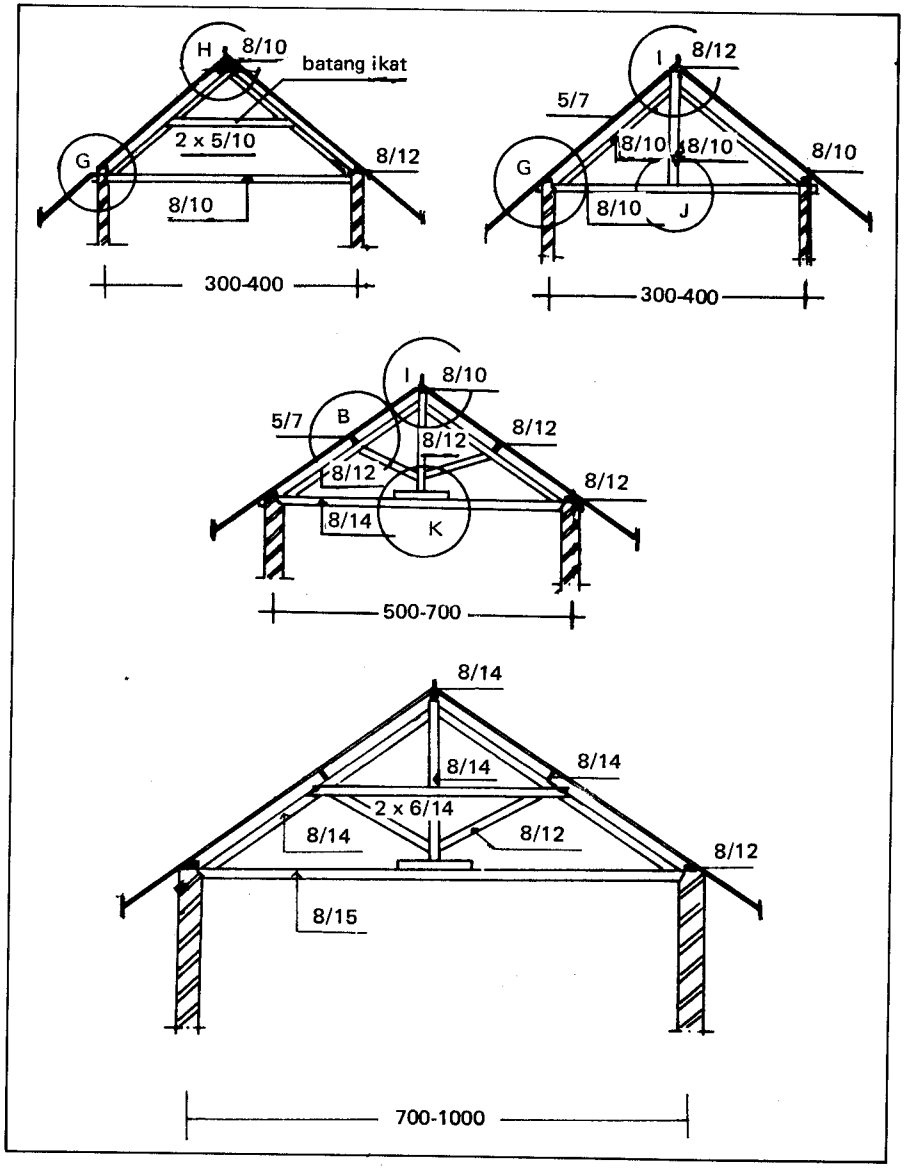
Pada jarak bentangan yang besar sekitar 1,5 – 3 m dibuat seperti gambar di bawah ini.:



Gambar 4-59 *Kuda-kuda bentang 1,50 – 3,00 meter.*

1.4. Kuda-Kuda Bentang 3 – 10 m

Dan bila pada jarak bentangan 3 – 10 m, diuraikan seperti gambar di bawah ini :

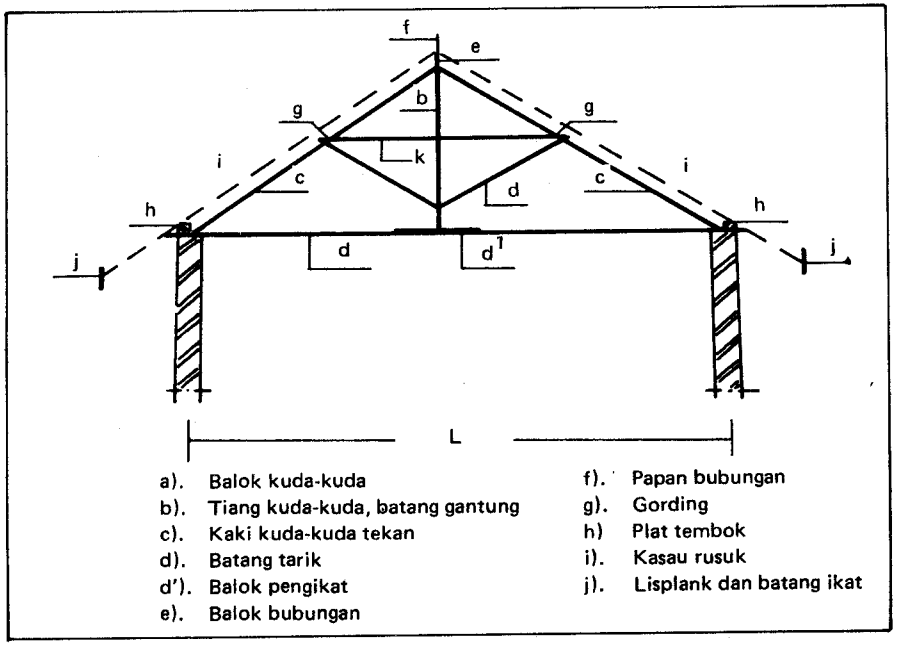


Gambar 4-60 *Kuda-kuda Bentang 3 – 10 m.*

2. BAGIAN-BAGIAN DARI KUDA-KUDA

Nama dari batang-batang kuda-kuda dapat disebutkan sebagai berikut :

a) Balok kuda-kuda
b) Tiang kuda-kuda, batang gantung
c) Kaki kuda-kuda tekan
d) Batang tarik
d') Balok pengikat
e) Balok bubungan
f) Papan bubungan
g) Gording
h) Plat tembok
i) Kasau rusuk
j) Lisplank dan batang ikat



Gambar 4-61 *Bagian-bagian dan Kuda-kuda dan Ukurannya.*

Penggunaan batang-batang yang tidak besar dapat digunakan daftar kayu berikut sebagai pedoman.

TABEL IX Daftar Ukuran Kayu

Bentangan Teori L Meter	Balok ikat (a)	Balok kunci (a)	Kaki kuda[2] (c)	Tiang kuda[2] (d)	Batang Tekan (d)	Balok ikat (k)	Balok bubungan (e, g)	Plat tembok blandar (h)	Balok bubungan miring	Balok Tunjang	Tiang Pincang	Balok Pincang
3 – 4	7/10-8/12	–	6/ 8-8/12	7/ 8-8/10			7/10-8/12	7/ 8-8/10	7/10-8/12			
4 – 6	7/12-8/14	7/12-8/14	7/10-8/12	7/10-8/12	6/ 8-8/10		7/12-8/14	7/10-8/12	7/12-8/14	8/10	7/ 8-8/10	4/10
6 – 7	7/14-8/15	7/14-8/15	7/12-8/14	7/12-8/14	7/10-8/12		7/14-8/15	7/12-8/14	7/14-8/15	8/12	7/10-8/12	5/10
7 – 8	7/15-8/16	7/15-8/16	7/14-8/15	7/14-8/15	7/12-8/14	5/12	7/15-8/16	7/15-8/16	7/15-8/16	10/12	7/12-8/14	5/12
8 – 10	8/16	8/16	8/15	8/15	8/12-8/14	6/15	8/16	8/15	8/16	10/14	8/12	6/15
10 – 12	8/18	8/18	8/16	8/16	8/14-8/15	6/16	8/18	8/16	8/18	12/14	8/14	6/16

Pada kuda-kuda bentangan lebih dari 10 M, dipakai lebih dari 1 batang gantung (tiang kuda-kuda).

5 Pengetahuan Bahan Beton Dan Baja

1. BAHAN-BAHAN CAMPURAN BETON

Beton ialah suatu campuran yang teratur, terdiri dari semen (P.c.), pasir, krikil atau batu pecahan dengan air. Susunannya tidak boleh sembarang, tetapi sedemikian rupa sehingga antara krikil dan kerikil tidak ada lapisannya p.c., dan pasir.

Bila pada campuran beton tersebut dibubuhkan baja beton tulangan, yang tersusun sedemikian rupa sehingga kedua bahan itu merupakan kesatuan yang dapat memikul beban yang bekerja padanya, maka campuran ini disebut beton bertulang.

Yang disebut *beton pratekan* ialah *beton bertulang* di mana telah ditimbulkan tegangan-tegangan intern dengan nilai dan pembagian yang sedemikian rupa hingga tegangan-tegangan akibat beban-beban dapat dinetralkan sampai suatu taraf yang diinginkan.

Beton-pracetak adalah bagian-bagian beton bertulang atau tidak bertulang yang dicetak di tempat lain dan tidak pada kedudukan akhirnya dalam konstruksi.

Yang disebut *beton-syclop* adalah *beton tidak bertulang* yang pada waktu penuangannya dicampur atau dibubuhi dengan batu kali dengan diameter kurang lebih 30 cm. Susunannya harus merata. Beton-syclop biasanya digunakan untuk pondasi sumuran.

Berikut adalah uraian tentang campuran yang umum digunakan untuk beton bertulang. Untuk bagian-bagian seperti balok, kolom (tiang), pelat lantai, pondasi, tangga dan bagian-bagian bangunan lain yang tidak berhubungan/menahan air bisa digunakan perbandingan campuran 1 : 2 : 3 (p.c. : pasir : kerikil).

Untuk bagian-bagian bangunan yang berhubungan dengan air bisa digunakan perbandingan campuran 1 : 1½ : 2½, misalnya untuk bagian, bagian bangunan pelat atap (platdak), bak air (watertoren), asalkan pelat itu tebalnya lebih dari 8 cm. Menurut P.B.I. 1971 campurannya termasuk golongan B_1 dan K 125.

Caranya menentukan keperluan bahan beton didapat dari hasil empiris yaitu 1 m^3 beton memerlukan 1,55 m^3 bahan. Karena berat jenis p.c. = 1,25 jadi tiap 1 zak p.c. dari 40 kg, volumenya = 40/1,25 = 32 dm^3 = 0,032 m^3, se-

hingga untuk membuat 1 m^3 beton campuran 1 : 2 : 3 diperlukan : $\frac{1}{1+2+3}$ x

$$1{,}55\ m^3 = 0{,}26\ m^3\ \text{p.c.} = \frac{0{,}26}{0{,}032} = 8{,}125\ \text{zak dari 40 kg p.c.}$$

Selanjutnya diperlukan pasir dan kerikil masing-masing :

$\frac{2}{1+2+3}$ x 1,55 m^3 = 0,52 m^3 pasir dan $\frac{3}{1+2+3}$ x 1,55 m^3 = 0,77 m^3 kerikil.

1.1. P.C. (Portland Cemen)

P.C. selalu dinyatakan dalam satuan zak (kantong) di mana pada umumnya berat 1 zak = 40 kg. Untuk pasir dan kerikil satuannya selalu m^3.

Berapakah banyaknya air yang diperlukan untuk 1 m^3 beton dengan f.a.s. 0,8 sedang campurannya 1 : 2 : 3 ?

1 m^3 beton memerlukan 0,26 m^3 p.c. = 0,26 x 1,25 ton = 325 kg.

Rumus f.a.s. sama dengan berat air dibagi berat p.c.

Menurut rumus, berat = berat-jenis x volume dan karena berat jenis air = 1, jadi air yang diperlukan untuk 1 m^3 beton dengan campuran 1 : 1½ : 2½ dan f.a.s. = 0,75 dapat dihitung sebagai berikut :

1 m^3 beton campuran 1 : 1½ : 2½ memerlukan

p.c. = $\frac{1}{1+1\frac{1}{2}+2\frac{1}{2}}$ x 1,55 m^3 = 0,31 m^3 beton = 0,31 x 1,25 x 1000 kg = 387,5 kg.

Air yang diperlukan = 0,75 x 387,5 kg = 290,6 kg = 290,6 liter.

P.C. yang digunakan harus memenuhi modulus hidrolis M yang mempunyai rumus sebagai berikut :

$$M = \frac{Ca\ O}{Si\ O_2 = Al_2\ O_3 = Fe_2\ O_3} = 1{,}7\ \text{(minimum) sampai } 2{,}2$$

(maksimum).

Beberapa macam kemasan p.c. yang biasa dipakai di antaranya adalah : P.C. dalam negeri, misalnya Gresik, 1 zak beratnya 40 kg. Dahulu berat p.c. Gresik ini = 50 kg. Semen Tiga Roda, P.T. Kujang dan Padang beratnya sekitar 40 kg juga.

Ukuran p.c. pada analisa B.O.W. biasa dinyatakan dalam tong. 1 tong beratnya = 170 kg : 1,25 = 136 liter.

Syarat-syarat untuk pembuatan gudang tempat *penimbunan p.c.* di antaranya adalah :

a. Dinding dan atap gudang harus tahan air supaya air hujan dan embun tidak masuk ke dalam.
b. Tempat timbunan sebaiknya berjarak 30 cm dari lantai dan 50 cm dari dinding samping.
c. Timbunan p.c. jangan melebihi tinggi dua meter.
d. Untuk jenis-jenis p.c. yang berlainan harus dipisahkan dari satu dengan yang lainnya.
e. P.C. yang telah diperiksa harus dipisahkan dari yang belum diperiksa.
f. P.C. yang telah lama disimpan, sebelum dipakai harus diperiksa lebih dahulu.
g. Udara di dalam gudang tidak boleh lembab.
h. Lebih sempurna bila di atas timbunan diberi tutup dari plastik atau terpal.
i. Berilah tanda / tanggal pada tempat timbunan untuk memudahkan pemeriksaan, supaya mudah diketahui antara p.c. yang lama dan yang baru datang.

1.2. Pasir

Pada umumnya digunakan pasir yang mempunyai kriteria antara lain:

a. Pasir alam ialah pasir yang dihasilkan dari disintegrasi alami dari batu-batu atau berupa pasir buatan yang dihasilkan dari alat-alat pemecah batu.
b. Butir-butirnya harus tajam dan keras, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca misalnya terik matahari atau hujan.
c. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan lumpur adalah butir yang dapat melalui ayakan berukuran 0,063 mm. Apabila kadar lumpurnya melampaui 5%, pasir harus dicuci.
d. Pasir tidak boleh mengandung terlalu banyak bahan organis,
e. Besar butir harus bermacam-macam dan berkisar antara 0,25 mm sampai 5 mm. Dari sekian macam butir itu sebagian

besar butir-butir antara 0,25 mm sampai dengan 1 mm (kira-kira 80% sampai 95%).

f. Pasir laut tidak boleh dipakai, kecuali dengan petunjuk dari Lembaga Pemeriksa Bahan-bahan Bangunan.

Di antara cara-cara yang biasa ditempuh dalam *pemeriksaan pasir* adalah:

a. pasir yang basah bila digenggam dan kemudian dilepaskan genggamannya, pasir tersebut harus terurai tidak membongkah.

b. Ambillah 100 gr pasir kering. Setelah dicuci dan dikeringkan, ditimbang kembali, beratnya tidak boleh kurang dari 95 gr. Bila kurang, maka pasir sebelum dipakai harus dicuci terlebih dahulu.

c. Pasir kering sebanyak 300 cm^3 dicampur dengan larutan soda api (NaOH) 3% dimasukkan ke dalam botol. Kemudian botol digojok sehingga isi campuran menjadi 200 cm^3. Botol terus digojok selama 10 menit lagi, kemudian didinginkan.

Setelah 24 jam, warna cairan tidak boleh lebih tua dari warna air teh yang ringan.

1.3. Kerikil

Apakah syarat-syaratnya kerikil?

Beberapa syarat yang dikehendaki dari kerikil, di antaranya ialah :

a. Kerikil yang baik ialah yang dihasilkan dari disintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa batu pecah yang dihasilkan dari alat pemecah batu.

b. Besar butir harus lebih besar dari 5 mm dan paling besar 31,5 mm.

c. Besar butir tidak lebih dari seperlima jarak antara bekisting-bekisting samping yang terkecil, sepertiga dari tebal pelat, tiga perempat dari jarak bersih minimum di antara batang-batang tulangan. Penyimpangan dari ini diperkenankan asal pengecorannya di bawah pengawasan ahli dan setelah pengecoran tidak terjadi sarang-sarang kerikil.

d. Tidak mengandung lumpur lebih dari 1%.

e. Harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori.

1.4. Semen

Semen merupakan bagian terpenting untuk membuat beton, karena itu

merupakan tulang punggung dari beton. Semenlah yang mempersatukan pasir dengan kerikil menjadi satu kwalitasnya semen menentukan kwalitas beton.

Ditinjau dari bahan pembentuknya, semen dapat dibagi menjadi :

a. *Semen Portland biasa.* Semen ini harus memenuhi modulus hidraulis M.
$M = CaO : (SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3) = 1,7$ (minimum sampai 2,2) (maximum).

b. *Semen Portland besi,* minimum terdiri dari 70% berat semen Portland biasa dan maximum) 30% berat terak dapur tinggi dan dicampur menjadi satu.

c. *Semen dapur tinggi,* terdiri dari 15 sampai 70% berat semen Portland biasa dan 85 sampai 30% berat terak dapur tinggi yang dicampur menjadi satu.

d. *Semen Aluminium,* dibuat dari CaO dan Al_2O_3. Bahan penting untuk ini adalah bauksit.

e. *Semen Portland trass,* terdiri dari 70% berat semen Portland dan 30% trass (semen ini kurang memberi perekatan terhadap besin beton).

f. *Semen putih,* dibuat dari bahan yang murni sekali tidak mengandung oksida besi, yang mengakibatkan warna putih.

g. *Semen Siliko,* semen ini adalah campuran dari semen Portland dan kwarsa yang digiling bersama-sama sampai halus.

Semen b, c dan d di atas hanya dipakai bila bangunan itu berhubungan dengan air laut atau air yang mengandung asam sulfat dan sebagainya. Pada bangunan beton bertulang hanya diizinkan semen Portland biasa. Pemakaian jenis semen lain harus dimintakan izin dari yang berwajib.

Cara menimbun semen

Semen bila berhubungan dengan air akan mengeras, sehingga harus dijaga baik terhadap air maupun dengan udara lembab. Karena sifat higroskopisitas tersebut, jika menimbun semen harus diperhatikan hal-hal tersebut di bawah ini :

a. Pada waktu mengangkut semen ke tempat penimbunan harus dijaga jangan sampai basah.

b. Pakailah alas papan untuk menimbun semen. Alas papan ini harus terletak 0,30 m dari tanah. Baik alas papan timbunan maupun dinding gudang harus tahan terhadap air. Dinding gudang sebaiknya dilapisi dengan kertas plastik di sebelah luar, bila dinding ini dibuat dari bambu. Tinggi timbunan semen maksimum dua meter.

c. Timbunan semen yang tidak semacam dipisahkan satu dengan yang lainnya, sehingga tidak tercampur. Semen yang telah diperiksa harus dipisahkan dari yang belum. Semen yang membantu masih boleh dipakai selama semen itu masih bisa dihancurkan dengan tangan.

1.5. Air

Air yang dipakai untuk beton bila tidak dapat diusahakan yang murni, dapat dipakai air dari sumur, dan bila terpaksa dapat digunakan air dari sungai, asal tidak mengandung bahan yang mengendap cepat. Yang disebut air kotor adalah air yang mengandung asam sulfat, garam dan sebagainya.

2. BAHAN BAJA

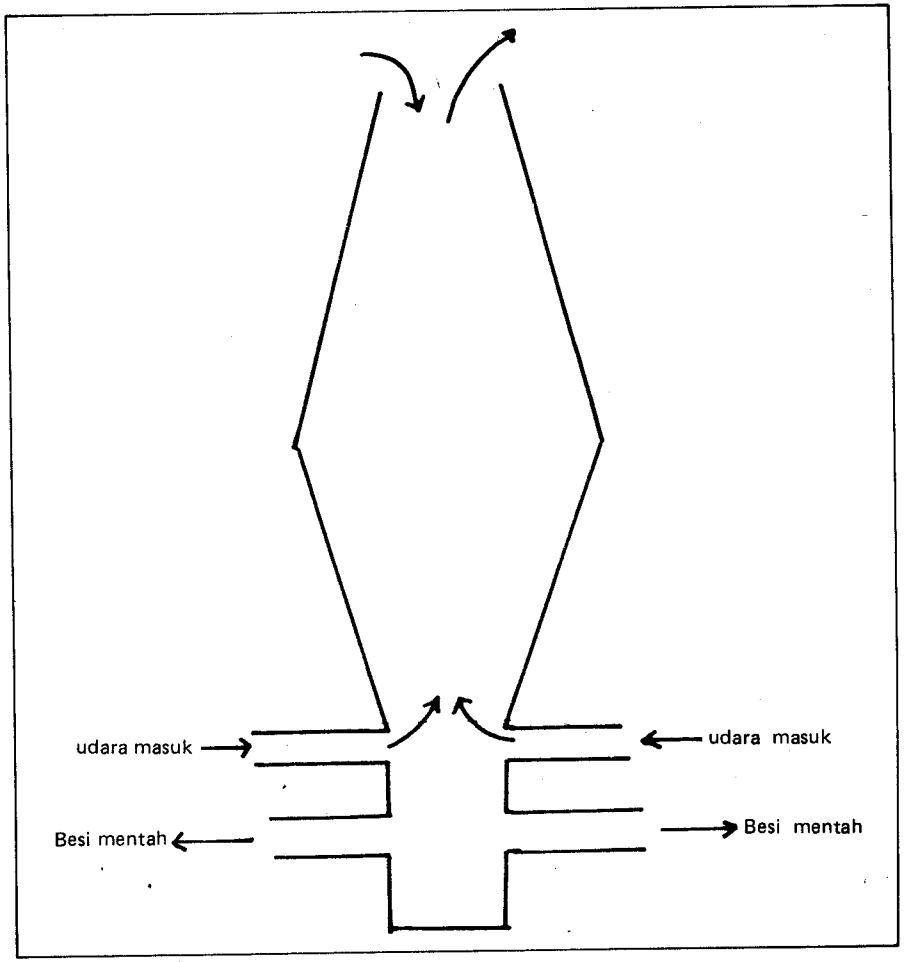
Baja adalah bahan yang homogenitasnya tinggi, terdiri dari Fe dalam bentuk kristal dan C. Baja adalah besi yang tanpa dikerjakan lagi, sudah dapat ditempa. Pembuatannya dilakukan menurut proses dapur gas tinggi dengan bahan mentahnya bijih besi yaitu campuran besi (Fe), oxygen (O) dan bahan-bahan lain. Bijih besi yang baik berkadar Fe sekitar 60 %.

Yang dinamakan dapur gas tinggi adalah dapur bercerobong dengan ketinggian corongnya antara 20 sampai 30 m dibagian bawah sebelah dalamnya diberi lapisan batu yang tahan api. Di dalam dapur ini besi dipecahkan dari persenyawaannya dan sebanyak mungkin dipisahkan dari mineral lain.

Bahan reduksi terutama arang kokas/arang kayu agar dapat membentuk terak yang mudah lumer dan dapat mengisap bagian-bagian yang tidak diinginkan, maka diperlukan bahan-bahan tambahan yang kebanyakan terdiri dari kapur dan dolomit. Dari bawah dialirkan udara dengan suhu sekitar 2000° C, yang ke luar di bagian atas sebagai gas dapur tinggi. Kapasitas dapur tinggi pada umumnya sekitar 2400 ton besi mentah.

Besi lumer yang ke luar pada dasar tersebut berupa besi mentah dan trak. Trak berguna untuk membuat ramuan aspal jalan, semen dan lain-lain. Besi mentah dapat berupa putih, kelabu dan bentuk perlihan. Besi yang ke luar ini mengandung C antara tiga sampai lima persen. Besi ini tidak dapat ditempa, digiling, dipaku atau dipress, dengan perkataan lain tidak dapat mengalami perubahan bentuk dalam dingin atau panas. Besi ini masih mengandung bahan-bahan lain diantaranya Si, Mn, F, S dan menjadi cair pada suhu antara 1075° sampai 1275° C.

Dalam besi mentah, C terikat secara kimia, pada sebagian dari besi merupakan Fe-karbida. . Bahan ini getas, keras dan cair kental, tidak baik untuk pembuatan besi tuang gietyser. Jadi bahan ini hanya merupakan hasil peralihan untuk mendapatkan besi tuang struktur sinar. Beberapa sifat fisiknya di antaranya ialah berwarna putih perak, suhu titik cairnya 1100° C dan berat jenisnya 7,25.



Gambar 5-62 Dapur gas tinggi.

Pada besi mentah kelabu, C sebagian terpisah sebagai karbida, yang memberikan warna kelabu muda sampai kelabu tua. Bahan ini agak lebih lembek, lebih kenyal dan agak cair, berstruktur butir, bahan ini baik untuk pembuatan besi tuang. Beberapa sifat fisiknya di antaranya ialah berstruktur butir, mempunyai suhu titik cair sekitar 1200° C dan berat jenisnya 7,25.

Besi mentah bentuk peralihan dapat didinginkan dalam cetakan dari pasir dan merupakan blok-blok yang mudah diangkut. Dapat pula diangkut dalam keadaan cair, sehingga harus digunakan kancah (bak besi) yang bagian-bagian dalamnya dilapisi batu yang tahan panas.

Sifat-sifat umum baja, terutama kelakuannya dalam berbagai macam pembebanan atau muatan, ditentukan antara lain oleh :

1. Cara peleburannya
2. Macam dan banyaknya logam campuran dan
3. Cara (proses) yang digunakan waktu pembuatan.

Kaidah 1

Besi murni tidak mempunyai sifat-sifat yang dibutuhkannya untuk dipergunakan sebagai bahan penyangga pada konstruksi. Seperti telah diketahui dari proses pembuatan baja, maka logam-logam campuran baja itu sebagian sudah ada dalam bahan mentah itu meskipun banyaknya tidak seperti kita kehendaki. Ada beberapa bahan-bahan campuran yang ditambahkan waktu pembuatan baja, misalnya C, Mn, Si, Cu dan P. Cu dan P ini tidak dapat diuapkan sama sekali. Untuk mendapatkan sifat-sifat yang istimewa atau baik kadang-kadang ditambahkan lagi logam-logam seperti Cr, Ni, Mo (molibdam), W (wolfram), Co (cobalt) dan sebagainya.

Selanjutnya dalam baja itu terdapat gas-gas H, O dan N dalam bentuk terikat atau tidak terikat. Macam baja yang digunakan dalam konstruksi sekarang termasuk apa yang dinamakan baja bangunan (bouw staal).

Sifat-sifat utama baja untuk dapat digunakannya di antaranya adalah :

1. *Keteguhan*, yaitu batas dari tegangan-tegangan dalam dan luar pada mana perpatahan mulai berlangsung. Hal ini berarti daya melawan terhadap tarikan, tekanan, atau lentur.
2. *Elastisitas*, adalah kesanggupan untuk kembali pada bentuk semula dalam batas-batas pembebanan tertentu, sesudahnya pembebanan ditiadakan.
3. *Kekenyalan (keliatan)*, adalah kesanggupan untuk menerima perubahan-perubahan bentuk yang besar tanpa menderita kerugian berupa cacad-cacad atau kerusakan yang terlihat dari luar, dan dalam jangka pendek sebelum patah masih bisa merubah bentuknya dengan baik. Sifat kekenyalan adalah kebaikan dari sifat getas.
4. *Kemungkinan ditempa (smeedbaarheid atau mellabality).* Baja dalam keadaan dipanasi sampai merah padam menjadi lembek dan plastis, sehingga dalam keadaan ini dapat dirubah bentuknya dengan baik, tanpa merugikan sifat-sifat keteguhannya.
5. *Kemungkinan dilas (lasbaarheid).* Sifat baja dalam keadaan panas dapat digabungkan atau sama lain dengan bahan lain,

tanpa merugikan sifat-sifat keteguhannya.

6. *Kekerasan (hardbaarheid)*, sifat ini adalah kekuatan melawan terhadap masuknya benda lain ke dalamnya.

Kaidah 2

Penambahan nilai dari sifat-sifat tertentu umumnya dengan tidak dapat dihindarkan selalu mengakibatkan pengurangan dari nilai sifat-sifat lainnya. Misalnya baja dengan keteguhan tinggi umumnya kurang kenyal.

Dalam praktek ada beberapa hal penting yang dituntut untuk sifat-sifat baja, sebab patahnya suatu bagian dalam konstruksi berarti meruntuhkan seluruh konstruksi. Oleh karena itu harus diperhatikan beberapa hal di antaranya :

1. Penentuan syarat-syarat minimum harus dibuat dalam surat kontrak pemesanan, pembelian atau penyerahan bahan.
2. Generasi meratanya sifat-sifat itu harus didapat dengan dilakukan ujian pada waktu penyerahan.
3. Tuntutan yang tinggi tetapi tidak perlu benar jangan dilakukan, sebab bahan bernilai tinggi lebih mahal.
4. Sifat-sifat yang dikehendaki harus ada bukan saja waktu diterima bahan tetapi juga harus ada pada waktu digunakan yaitu setelah dipotong, digergaji, atau dibor. Setelah bertahun-tahun digunakan dan pada suhu ekstrim, sifat-sifat itu juga harus masih ada.
5. Sebaliknya mengerjakan baja itu harus sedemikian sehingga sifat-sifat itu tidak dirugikan walaupun telah dipakai cara-cara yang dapat dipertanggung jawabkan.
6. Bentuk dari bagian-bagian bangunan dan sambungan-sambungannya harus ditetapkan sedemikian sehingga sifat-sifat yang diinginkan untuk bangunan itu dipenuhi dan tetap terpelihra.

Kaidah 3

Pengetahuan yang tepat dari sifat-sifat dan kekakuan baja bangunan dalam keadaan pembebanan yang bermacam-macam itu menjadi dasar pekerjaan dari kontraktor dan insinyur-insinyur di pabrik atau di tempat pekerjaan.

Macam besi yang sekarang tidak atau jarang digunakan tetapi masih terdapat dalam konstruksi-konstruksi ialah besi tuang. Pembuatan besi tuang di antaranya dilakukan dengan :

a. Melebur kembali besi mentah kelabu yang dilakukan dalam kupel semacam dapur corong dengan kokas sebagai alat pembentu.

b. Cara yang sama tetapi dilakukan dalam dapur nyala api.

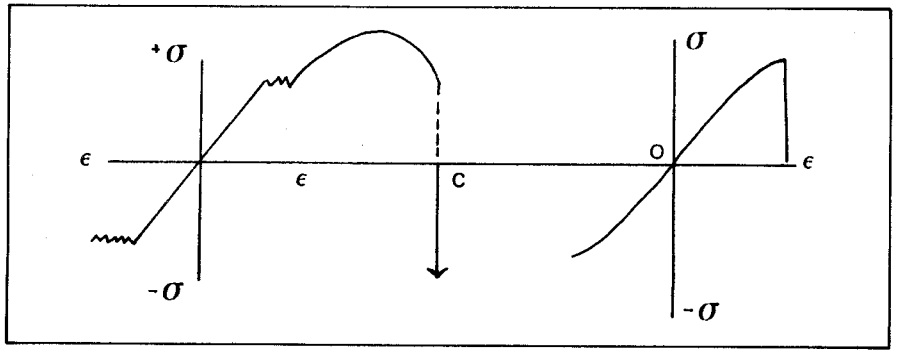
c. Cara mencampurkan bahan yang terdapat pada cara-cara yang telah disebut di atas dengan besi mentah dari dapur tinggi.

Suatu batang dengan panjang dan bentuk tertentu ditarik dengan mesin tarik, lalu pemanjangan dari bagian-bagian ini dimasukkan di (+) sebagai pengukuran, dan yang disebut tekan adalah : T = P/F di mana F = penampang potongan batang.

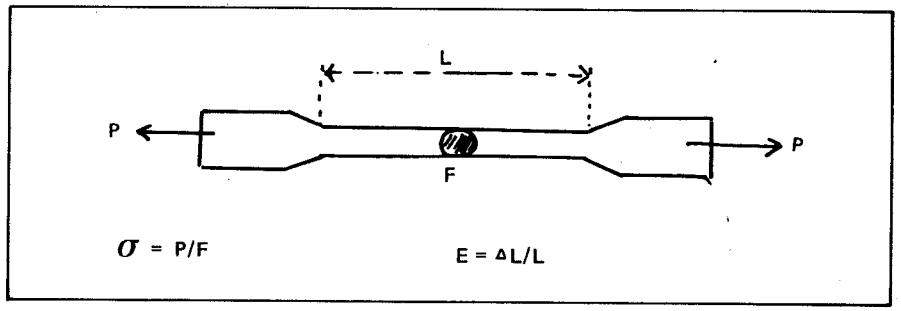
Jika tarik dimasukkan di (+) T, tekan di (-) T dan pemendekan (tekan) di (–) E, maka didapat diagram tersebut pada Gambar 5-63. Untuk baja bangunan pada prinsipnya akan didapat diagram seperti berikut ini, sedang besi tuang diagramnya tidak ada bagian yang lurus.

$$T = E \times \epsilon$$

Untuk bagian yang lurus, E itu konstan dan biasanya E itu sama dengan 2.100.000 kg/cm^2.



Gambar 5-63 ***Regangan-regangan***



Gambar 5-64 ***Percobaan tarik batang.***

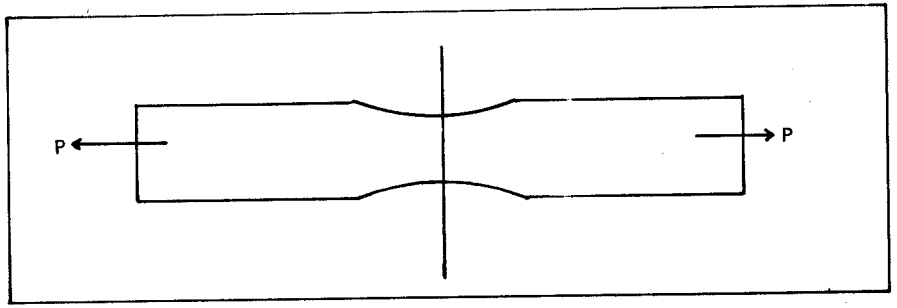
2.1. Besi Tuang

Besi tuang oleh karena tidak lurus E dari semula sudah berubah-ubah, dan jika besi tuang itu dengan perlahan-lahan didinginkan, maka E = 500.000 sampai 1000.000 kg/cm^2. Oleh karena untuk keadaan tertentu yang sama, E untuk besi tuang lebih kecil dari E untuk baja, maka pengulurannya lebih rendah. Untuk besi tuang yang istimewa berlaku E = 1.400.000 kg/cm^2.

keteguhan tarik = 1200 sampai 2600 kg/cm^2
keteguhan lentur = 2800 sampai 4600 kg/cm^2
keteguhan tekan = 6000 sampai 9000 kg/m^2

Baja bangunan St 37 mempunyai rata-rata keteguhan 3.500 sampai 4.500 kg/cm^2 (tarik maupun tekan). Berhubung sifat-sifat tersebut besi tuang kurang baik untuk bangunan yang bertarik, sebaliknya sangat baik untuk bagian yang bertekan.

Besar pengulur sebelum putus untuk besi tuang lebih kecil dari pada baja bangunan. Pada baja bangunan sebelum putus dapat mengalami banyak perubahan bentuk tetapi pada besi tuang sedikit saja.



Gambar 5-65 ***Perpatahan yang murni***

Pada waktu akhir-akhir ini dibuat juga besi tuang kelabu yang bernilai tinggi, dengan keteguhan tarik dipertinggi antara 2.600 sampai 3.600 kg/cm^2. Bahan ini disebut tuang adel. Tetapi kerugiannya adalah agak sukar dikerjakan.

Pada percobaan tarik dengan menggunakan batang percobaan didapat kenyataan sebagai berikut :

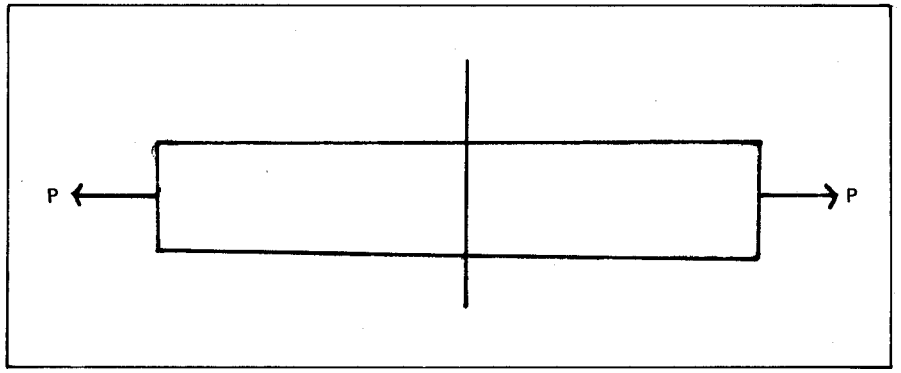
- keteguhan tarik yang didapat ternyata banyak bergantung dari tebal batang tuang dari mana besi tuang itu dibuat.
- misalnya keteguhan tarik makin kecil dengan makin tebalnya batang tuang.

Kadar C pada besi tuang antara 1,7% sampai 2% dan pada St 37 antara 0,16 sampai 0,2%. Pada besi tuang kadar Si antara 0,5 sampai 3%, Mn antara 0,4 sam-

pai 1,2% sedangkan P dan S masing-masing lebih kecil 1% dari pada baja bangunan. Pada St 37 kadar P lebih kecil 0,085% dan kadar S lebih kecil dari 0,085%.

Struktur besi tuang bergantung banyak dari cara pembuatannya, misalnya pada waktu mendinginkan. Beberapa keuntungan besi tuang dibandingkan dengan baja C yang sederhana adalah sebagai berikut :

1. Besi tuang lebih murah.
2. kulit tuang berarti suatu pelindung sewajarnya terhadap karatan.
3. lebih tahan terhadap gerak ayunan dan getaran. Jika suatu barang ditarik maka akan putus dengan – P/F.



4. Lebih tahan terhadap takik (kerf).
   Kalau pada F ada takik maka batang akan putus dengan P'_1 sehingga P′/ F′ ini lebih kecil dari T.
   Seharusnya T′ = T ini akibat takik.
5. Mudah dikerjakan jika harus dibuat yang bentuknya sulit dan tipis.
6. Tidak dapat ditempa dan dilas, hanya dapat dibikin dapat ditempa dengan proses khusus yang disebut temper.

Berhubung besi tuang kuat untuk memikul tekan dan kurang kuat untuk tarikan maka jembatan-jembatan yang dibuat waktu itu umumnya berbentuk lengkung. Bagaimana kukuhnya dan tegaknya jembatan yang terbuat dari bahan ini ternyata sampai sekarang beberapa diantaranya masih berdiri. Contohnya adalah jembatan lengkung yang melintasi sungai Severn (Inggris) mempunyai bentang 31 m dan dibuat dalam tahun 1779. Jembatan lengkung yang melintasi Striegeuer Wasser (Jerman Barat) dan dibuat dalam tahun 1796, masih berdiri kokoh.

Berhubung keteguhan tarik yang rendah maka akhir-akhir ini besi tuang ha-

nya digunakan untuk bagian-bagian bangunan yang banyak mengalami gaya tekan. Sesudah diketemukan besi tempa yang disebut welijzer maka berhubung pada besi tuang mengerjakannya lebih sulit dan sifatnya tidak merata sehingga telah terjadi beberapa kali keruntuhan konstruksi oleh karena kesalahan-kesalahan yang tersembunyi bersamaan dengan adanya kerja kejut atau tumbukan, akhir-akhir ini besi tuang tidak dipergunakan lagi.

Pada waktu sekarang besi tuang ini pada umumnya tidak dipergunakan lagi dan juga tidak digunakan untuk landasan maupun juga tidak digunakan untuk kolom atau tiang yang di dalam jembatan tua juga acap kali terbikin dari besi tuang. Landasan pada waktu ini dibuat dari baja tuang dan kolom (tiang) umumnya dari besi wel.

Dalam bagian gedung-gedung sebaliknya bagian-bagian itu juga kini masih dibuat dari besi tuang. Pada jembatan (gelagar) tiang berukir yaitu jembatan-jembatan sederhana yang banyak digunakan di Indonesia, masih ada beberapa bagian yang diperbolehkan dibuat besi tuang. Umpamanya schroefblad daun ulir yang mempunyai diameter 40 cm, 60 cm, 90 cm terbuat dari besi tuang. Demikian juga sepatu tiang, lat pengisi, bus penyambung, topi tiang yang bentuknya umum digunakan pada jembatan-jembatan tiang berukir dan sebagainya.

2.2. Besi Tempa (Besi Wel)

Besi wel dibuat menurut proses aduk atau puddle, kadar C besi ini antara 0,5 sampai 1%. Oleh karena sifat-sifat keteguhannya lebih baik dari besi tuang tadi maka besi tempa ini pada pertengahan abad ke-19 mulai menggantikan dan mendesak penggunaan besi tuang untuk jembatan-jembatan. Sampai akhir abad ke-19 kebanyakan jembatan-jembatan terbuat dari bahan tersebut.

Pada waktu ini masih banyak konstruksi memakai besi wels yang digunakan dan konstruksi itu masih akan dapat dipakai berhubung cara pembuatan bahan ini mempunyai struktur yang berlapis dan berurat. Di sini nampak perbedaan besar menenai keteguhannya dan penguluran putusnya di jurusan siku-siku atas jurusan menggiling.

Di jurusan menggiling besi wels mempunyai sifat-sifat fisik sebagai berikut:

T_v (tegangan meleleh) = 2.200 kg/cm^2, T_b (tegangan putus) = 3.300 sampai 4.000 kg/cm^2, E (elastisitas modulus) = 2.000.000 kg/cm^2, G (modulus gelincir) = 770.000 kg/cm^2 dan e (penguluran putus) = 12 sampai 15%.

Pada jurusan siku-siku atas jurusan menggiling nilai-nilai ini banyak lebih rendah sehingga memberikan kerugian yang besar.

Besi tempa dapat ditempa tetapi tidak dapat diperkeras atau disebut tidak haardbaar. Di antara sifat-sifat fisiknya besi tempa mempunyai titik lumer sekitar 1800° C dan berat jenisnya = 7,8. Jembatan-jembatan terakhir yang menggunakan bahan ini dibuat sampai abad 19, kini bahan inipun tidak dipergunakan lagi.

2.3. Baja Bangunan

Pada umumnya baja bangunan ini terbagi atas dua macam, yaitu :

1. baja wals tidak dengan campuran logam.
2. baja wals dengan campuran logam.

Termasuk dalam 1 terutama St 37, umumnya digunakan di Eropa dan di Indonesia. Baja ini umumnya di dapat dengan menggunakan proses Thomas atau Martin, maka disebut juga baja Thomas atau baja Martin. Mulai permulaan abad ke-20 bahan ini merupakan bahan utama untuk pembuatan jembatan-jembatan.

Angka 37 berarti bahwa minimum keteguhan putus adalah 37 kg/mm^2, keteguhan tarik dibatasi juga ke atas yaitu untuk St 37 sekitar 45 kg/mm^2. St singkatan dari stall (baja).

Untuk jembatan sifat-sifat dan syarat-syarat di negari Belanda ditetapkan dalam Normalblad N 1008, yang antara lain memuat sifat-sifat yang dituntut dan syarat-syarat pembuatannya.

Normalblad dinyatakan juga dengan nama lain, misalnya :

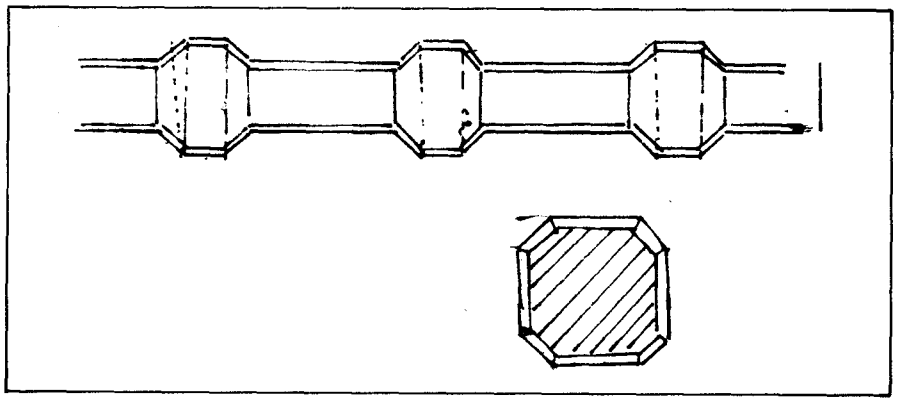
V O S B 1938 (tahun penyusunan VOSB)

Voorschriften	=	peraturan
Ontwerpen	=	berencanakan
Stalen	=	baja
Bruggen	=	jembatan

atau juga :

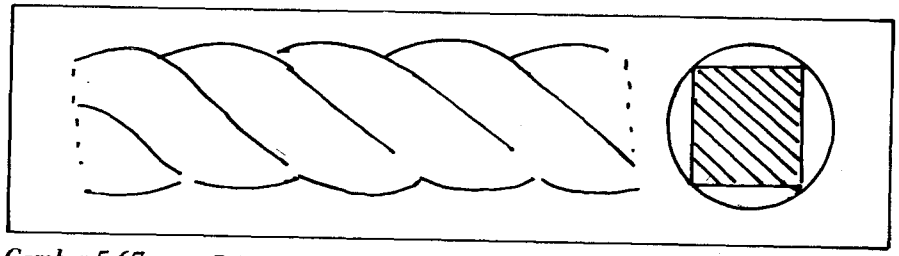
V V S B

Voorschriften	=	peraturan
Vervaardingen	=	pembikinan

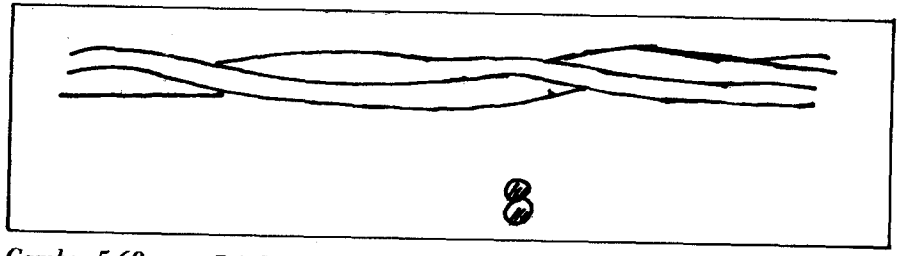


Gambar 5-66 ***Baja Johnson, dengan penampang persegi delapan.***

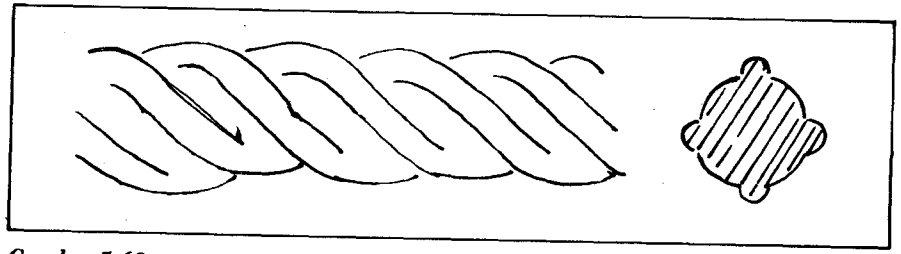
Ontwerpen	=	berencanakan
Stalen	=	baja.
Bruggen	=	jembatan



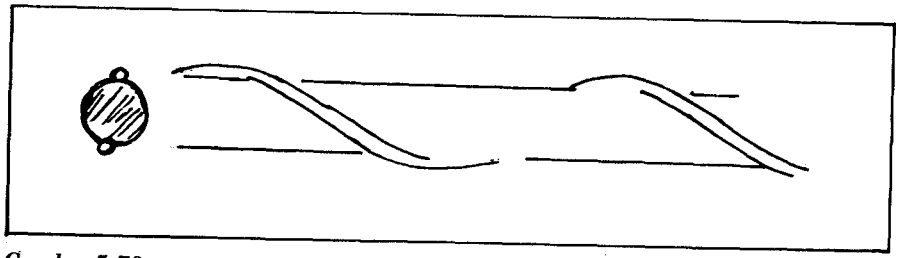
Gambar 5-67 ***Baja Ransom, dengan penampang bujur sangkar.***



Gambar 5-68 ***Baja Istege, dengan penampang berbentuk angka delapan.***



Gambar 5-69 ***Baja silang***



Gambar 5-70 ***Baja tor.***

2.4. Pelat Baja

Ada tiga golongan pelat baja yaitu pelat tipis, pelat yang tebalnya sedang dan pelat yang tebalnya besar. Pelat tipis dan sedang umumnya untuk penutup dinding pembungkus sesuatu misalnya atap dan mantal. Pelat yang tebalnya besar umumnya untuk konstruksi dengan tebal 6 sampai 25 mm, meskipun ada yang tebalnya 60 mm. Panjang pelat yang tersedia umumnya antara 3 sampai 6 meter.

Pembagian pelat :

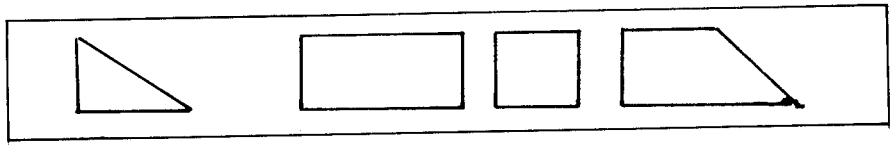
2.4.1. Pelat pipih

Pelat pipih dibagi lagi menjadi :

a . *pelat biasa*

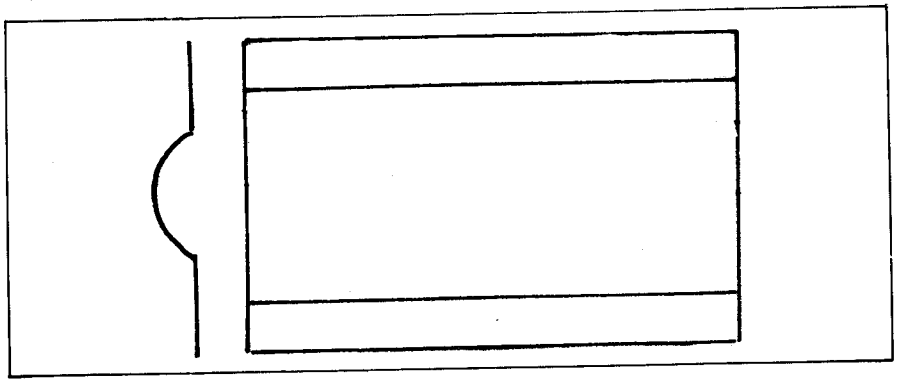
b . *pelat burker* : Untuk dinding atau lantai yang harus memikul beban besar.

Dahulu : 1 sampai 2 m f = 1/8 sampai 1/15 l
Sekarang : 4 sampai 7 m f = 1/25 sampai 1/30 l
Bentuk dapat berupa segi-tiga, persegi panjang, bujur sangkar atau trapesium.
Tebal pelat antara 5 sampai 15 mm.

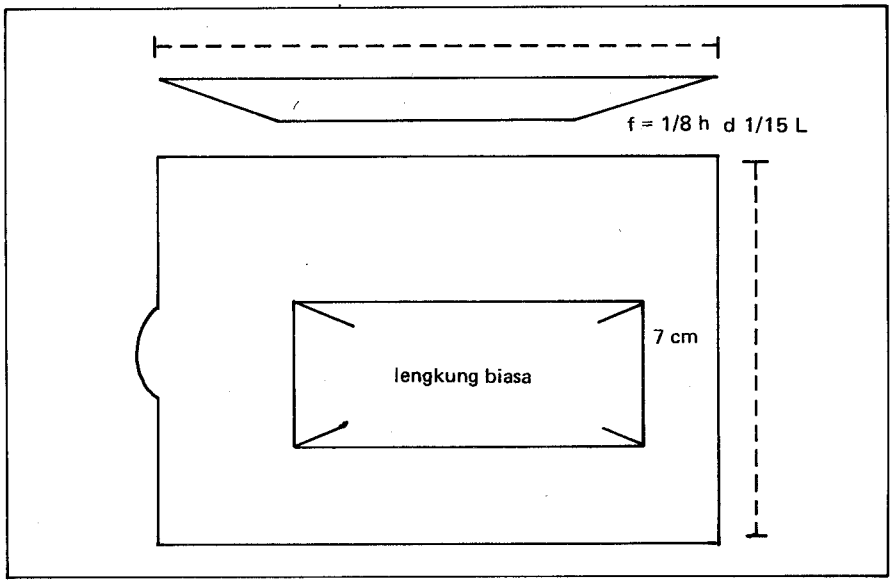


Gambar 5-71 ***Bentuk pelat burker.***

c *pelat tong*, prinsipnya sama hanya lendutannya satu jurusan.



Gambar 5-72 ***Pelat tong.***

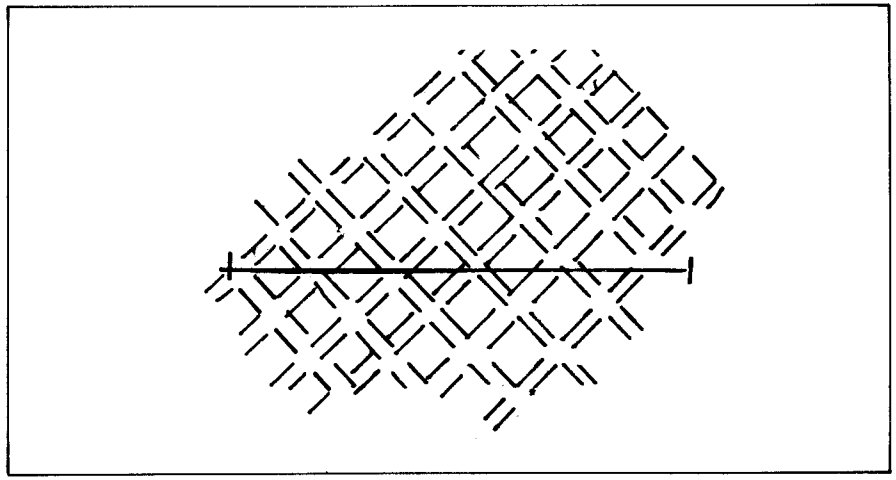


Gambar 5-73 ***Pelat pipih.***

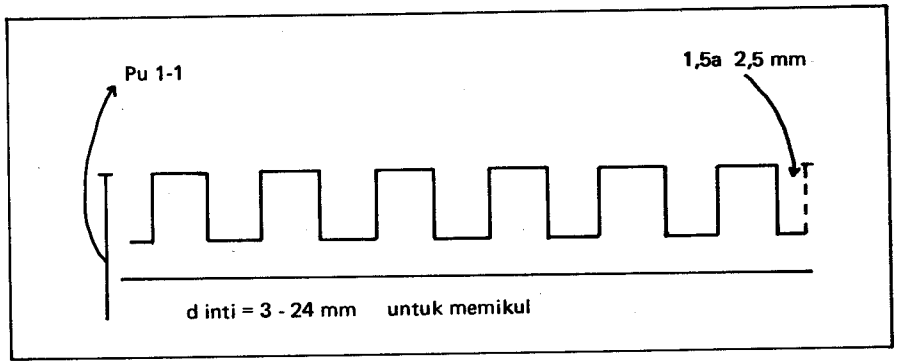
2.4.2. Pelat berusuk atau berpetak

Selain pelat licin atau rata, ada pula pelat berusuk atau pelat berpetak.

a . Untuk lantai bordes, lantai tingkatan dari rumah atau gudang.

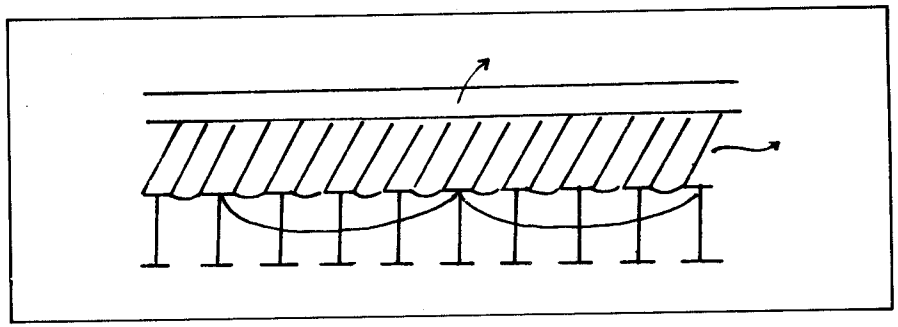


Gambar 5-74 ***Pelat berpetak, yang sering digunakan untuk bordes.***

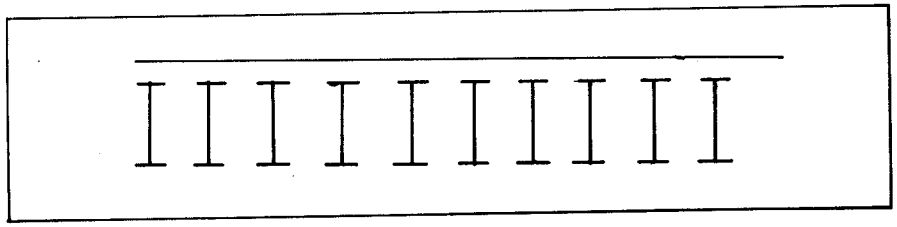


Gambar 5-75 ***Pelat berusuk***

b . Pada konstruksi lantai



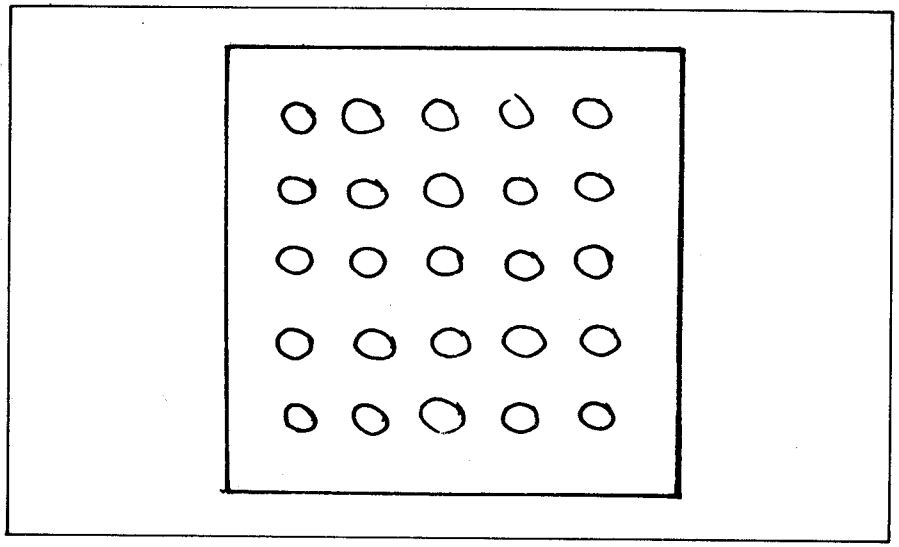
Gambar 5-76 ***Pelat berusuk dengan jalur miring dan tegak.***



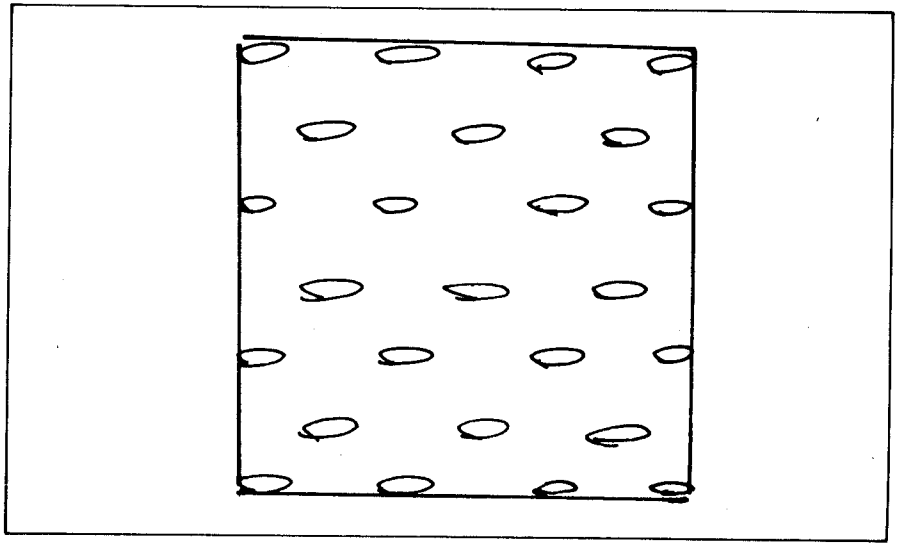
Gambar 5-77 ***Pelat berusuk, tegak.***

c . Rusuk atau pelat itu agar jangan sampai licin diberi benjolan, dengan syarat berat tambahan tidak melampaui 5 kg/m^2.

Konstruksi baja juga banyak digunakan di dalam pabrik pengolahan bahan makanan, biasanya di sini dipakai di dalam hubungannya dengan elevasi (keting-

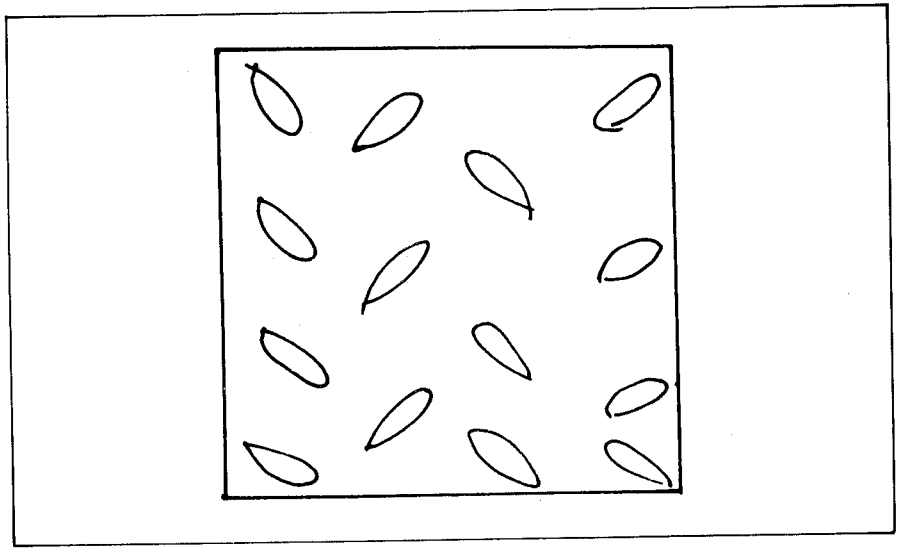


Gambar 5-78 ***Pelat rusuk dengan benjolan bundar.***



Gambar 5-79 ***Pelat rusuk dengan benjolan bulat telur.***

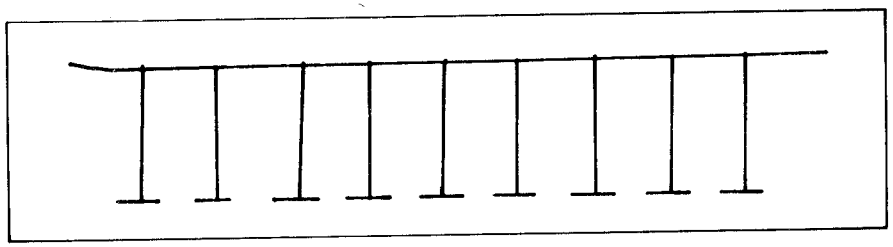
gian) dengan demikian memperoleh keleluasaan bergerak, baik pada waktu mengolah bahan ataupun membersihkan ruangan.



Gambar 5-80 *Pelat rusuk dengan benjolan bulat pipih.*

2.4.3. Pelat berlobang

Pelat berlobang dapat mempunyai berbagai bentuk dan dapat pula digunakan untuk lantai.

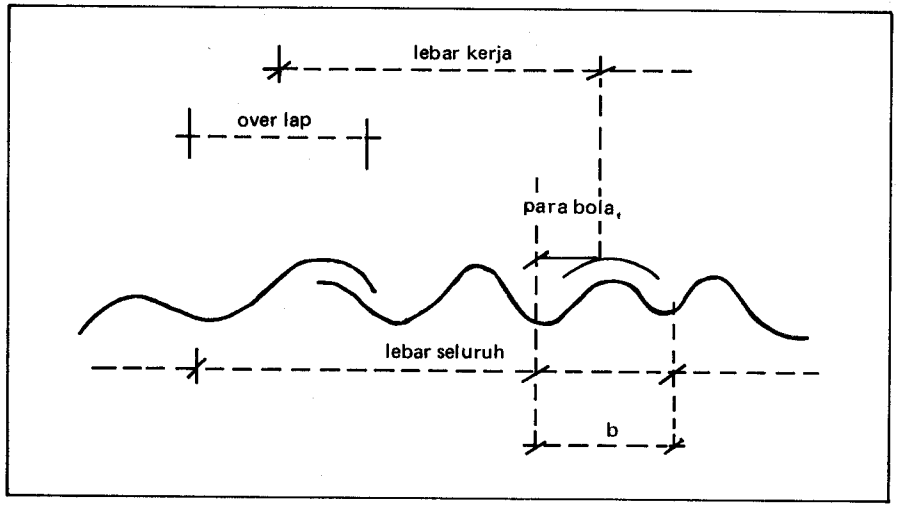


Gambar 5-81 *Pelat baja berlobang untuk lantai*

2.4.4. Pelat bergelombang

Pelat bergelombang (gezelfde verzinkte plaat), dibagi dalam tiga golongan, yaitu :

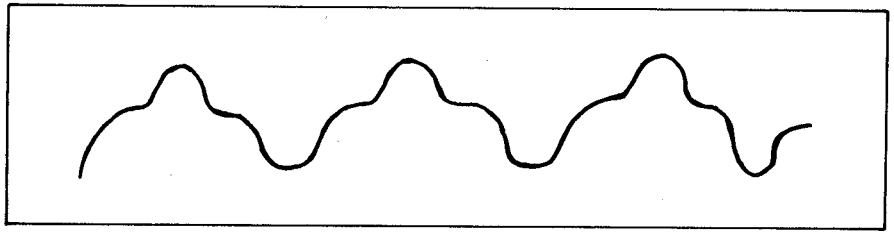
a . *bergelombang pipih*, di mana
b lebih besar dari 2 h
b = 60 sampai 150 mm
h = 21 sampai 60 mm



Gambar 5-82 ***Pelat bergelombang***

b . *bergelombang tinggi, di mana b lebih kecil 2h*
b = 90 sampai 100 h
= 50 sampai 100
tebal 2 mm

c . *bergelombang ganda atau triple :*



Gambar 5-83 ***Pelat bergelombang ganda.***

Tebal :	BWG	30	–	0,31 mm	)
		24	–	0,562 mm	) (b)
		23	–	0,62 mm	)
		22	–	0,75 mm	)
		20	–	1 sampai 2 mm	) (b)

Panjang	:	5 ′ sampai 12′
lebar	:	600 mm ke atas.

Karena pelat-pelat ini sangat tipis maka dari suatu partai tidak diukur satu persatu tebalnya tetapi dengan membagi beratnya dengan berat-jenis.

Golongan :

a. digunakan untuk atap, dinding yang memikul muatan berat.
b. digunakan untuk lantai jembatan, kendaraan, atap lengkung yang dapat memikul diri sendiri (tanpa gelagar dan sebagainya).

Untuk perhitungan gading-gading kap: Berapa besar tambahan akibat overlap.

Berat sendiri dari pelat	=	100% / m^2
Overlap	=	7 – 9 %
baut dan paku dan lain-lain	=	3 % +
Jumlah		110 % – 112 %.

6 Konstruksi Beton Bertulang

1. MACAM-MACAM KONSTRUKSI BETON BERTULANG

Di negeri kita pemakaian beton bertulang menjadi bertambah banyak sekali, bahkan selama 10 tahun belakangan ini boleh dikatakan amat pesat dan menjadi kebanggaan masyarakat. Dalam bangunan umum antara lain dipergunakan untuk pondamen, gedung di bawah tanah (kelder), lantai, tiang, tangga, dinding, atap dan sebagainya; sedang dalam bangunan air, antara lain: pintu air, jembatan, jalan-jalan, bak air (reservoir), pipa-pipa air dan sebagainya. Keuntungan dan Kerugian dari Beton bertulang;

Dibandingkan dengan pasangan batu, beton bertulang mempunyai keuntungan-keuntungan bahwa beton tidak hanya menerima gaya-gaya tekan tetapi gaya-gaya tarik. Jadi dapat dibuat konstruksi beton bertulang yang dapat menahan muatan lentur, karena :

a. Terdapat perekatan yang baik antara besi dan beton.
b. Koefisien muai dari kedua bahan tadi kurang lebih sama, sehingga besi tidak bisa terlepas dari beton.
c. Besi dilindungi baik oleh beton, asal pelaksanaannya dari pekerjaan ini sempurna dan bahan-bahannya terdiri dari bahan yang memenuhi syarat.

Yang disebut terakhir ini mudah dibuktikan dengan pembongkaran pada beton bertulang yang sudah dituangkan (dicor) bertahun-tahun lamanya, ternyata besinya masih baik.

Beberapa *keuntungan bangunan beton bertulang* antara lain ialah :

1. Dapat mendirikan bangunan sesukanya.
2. Tahan karat.
3. Tahan terhadap kebakaran.
4. Murah.
5. Tahan terhadap gempa bumi.
6. Tidak membutuhkan pemeliharaan.
7. Menyerap (mengisolir) suara.

8. Ukurannya kecil bila dibandingkan dengan beton tidak bertulang.

Beberapa *kerugian bangunan beton bertulang* antara lain ialah:

1. Tidak dapat dipindahkan.
2. Bongkarannya tidak dapat dipakai.
3. Tergantung pada cara pelaksanaannya dan pengawasannya.

Oleh karena itu beton bertulang menguntungkan terhadap bangunan-bangunan seperti rumah, tembok, penahan tanah, kepala jembatan, jembatan busur, reservoir, pipa asap, bantalan ril, pondasi, tiang-pincang, dan papan dam.

Freyssinet (seorang Perancis) menciptakan suatu jenis struktur baru sebagai tandingan dari struktur beton bertulang. Karena penampang beton tidak pernah tertarik, maka seluruh bahan beton dapat dimanfaatkan seluruhnya dan dengan sistem ini dimungkinkan penciptaan struktur-struktur yang langsing dan bentang-bentang yang panjang. Beton pratekan untuk pertama kali dilaksanakan dengan sukses oleh Freyssinet dalam tahun 1933 di Gare Maritime di pelabuhan Le Havre (Perancis).

Untuk mendapatkan konstruksi beton bertulang yang dapat dipercaya, di beberapa negara diadakan peraturan-peraturan keras, yang berisi petunjuk tentang perhitungan, pilihan bahan-bahan dan campuran serta cara penyelenggaraannya.

Di Indonesia telah diadakan pula peraturan-peraturan khusus untuk beton bertulang yang dicantumkan dalam "Peraturan Beton Bertulang untuk Indonesia" dan biasa disingkat P.B.I. Buku ini disusun oleh Panitya Normalisasi Beton Bertulang. Hingga sekarang ini Indonesia telah mengeluarkan P.B.I. tiga kali, yaitu yang pertama P.B.I. tahun 1935, yang kedua P.B.I. tahun 1955 dan yang ketiga P.B.I. tahun 1971. P.B.I. tahun 1955 merupakan pembaru dari P.B.I. tahun 1935. P.B.I. tahun 1971 merupakan pembaru dari P.B.I. tahun 1955.

BEKISTING

Bekisting adalah konstruksi pembantu yang merupakan mal lawan (kontra mal) pada bagian sisi dan bawah dari bangunan beton yang dikehendaki.

Bahan Bekisting

Bahan-bahan bekisting yang bisa dipakai adalah bermacam-macam, biasanya dipakai kayu tahun. Di Indonesia sering digunakan kayu suren, albasia, dan duren bagi papan bekistingnya dan dolok jati sebagai tiang bekistingnya, kadang-kadang digunakan juga pelat multiplex dan pelat baja bergelombang.

Untuk papan bekistingnya, pada umumnya digunakan kayu yang tidak

serut, sebab dengan demikian akan diperoleh permukaan beton yang kasar, sehingga lapisan penyelesaian atau ubin yang dipasangkan dapat melekat dengan baik. Jika dikehendaki permukaan yang licin misalnya untuk bagian yang terbuka, maka digunakan papan bekisting yang dipasah dengan ukuran tebal tertentu atau untuk ini dipergunakan pelat baja atau multiplex.

Mengingat bahwa papan bekisting ini kelak akan dibongkar maka untuk ini dipergunakan bahan sehemat-hematnya dengan ukuran seminimum-minimumnya.

Untuk kayu bekisting perlu dipergunakan kayu yang sudah kering, karena kayu yang masih baru ditebang, masih banyak mengandung air. Pada kayu yang masih basah di samping akan terjadi pelenturan, juga menyebabkan penyusutan pada bekistingnya dan menyebabkan bangunan berubah bentuk. Kadang-kadang dikehendaki bidang konstruksi yang berbentuk tikar dan sebagainya, ini dapat dicapai dengan melapiskan benda yang serupa pada bagian dalam dari papan bekisting sebelum beton dituangkan.

Syarat-syarat umum bekisting :

Untuk membuat satu bekisting yang murah dan kuat, dibutuhkan suatu pengertian, pengalaman dan pandangan yang konstruktip. Tidak setiap tukang kayu dapat membuat bekisting, meskipun pekerjaan ini termasuk pekerjaan yang kasar.

Untuk membuat bekisting hanya dibutuhkan ukuran luar dari pada konstruksi beton yang akan dibuat. Untuk konstruksi yang berat dan penting, pembuatan bekisting perlu diperhitungkan kekuatannya terlebih dahulu dan berapa ukuran kayu yang dibutuhkan.

Bahan-bahan yang diperhitungkan antara lain ialah : berat sendiri dari bekisting (ditaksir), berat specie (kalau ada), berat beton yang dibentuk, orang-orang yang bekerja di atasnya dan gerobak dorong.

Syarat-syarat sebuah bekisting ialah :

1) Bekisting harus dikerjakan sebagai suatu konstruksi tersendiri, cukup kuat dan kaku untuk dapat menahan berat sendiri dari bekisting, berat beton basah, berat orang-orang yang bekerja di atasnya dan getaran akibat gerobak dorong, juga getaran waktu beton dituangkan.

Persilangan atau slempang pada tiang-tiang bekisting harus cukup, sehingga betul-betul membentuk kekuatan pada tiang-tiang agar tiang-tiang itu tidak melentur. Duduknya tiang pada tanah harus dilapisi dengan papan-papan yang cukup tebalnya, sehingga tekanan yang dilimpahkan oleh beton di atasnya dapat terbagi rata ke tanah.

Sela-sela antara bekisting tidak boleh terlalu lebar, yang memungkinkan menetesnya air semen waktu pengecoran. Sela-sela disediakan cukup untuk kemungkinan mengembangnya saja, yaitu sewaktu papan basah karena penyiram-

an/pengecoran.

2) Bekisting suatu pekerjaan beton adalah merupakan konstruksi pembantu di mana perongkosan, pengangkutan, penyetelan, pemindahan, pembersihan dan sebagainya merupakan biaya yang tidak kecil. Karena pada waktu pembuatan bekisting harus dibuat semurah-murahnya dengan ukuran kayu seminimum-minimumnya, tetapi kuat. Pembongkaran bekisting setertib-tertibnya agar kayu/papan bekisting yang masih baik dapat digunakan lagi.

3) Pada pembongkaran papan bekisting harus dikerjakan dengan berhati-hati, supaya beton yang berbentuk tidak rusak, terutama pada sudut-sudutnya. Untuk memudahkan pembongkaran papan bekisting, sebelum besi betonnya distel, maka sebaiknya pada papan bekistingnya sebelah dalam dipoles dengan karbolineum. Untuk bahan poles ini kita harus berhati-hati apakah bahan ini betul-betul tidak merusak proses pengerasan beton.

Bekisting tidak boleh dibongkar sebelum beton cukup umurnya, dengan perkataan lain sudah cukup kokoh betonnya. Pada umurnya bekisting tidak boleh dibongkar selama waktu tiga minggu setelah bagian konstruksi yang bersangkutan selesai dicor. Untuk bekisting lantai dengan bentang kurang dari tiga meter, boleh dibongkar seminggu setelah pengecoran beton. Jika pembongkaran bekisting berakibat bahwa pada salah satu bagian konstruksi timbul tegangan-tegangan yang lebih besar dari pada yang diperhitungkan untuk konstruksi itu, maka bekisting tidak boleh dibongkar selama keadaan tersebut tetap berlangsung.

Pembongkaran bekisting pada konstruksi melengkung dan konstruksi yang boleh dikatakan segera akan memikul beban sepenuhnya harus dilakukan dengan hati-hati.

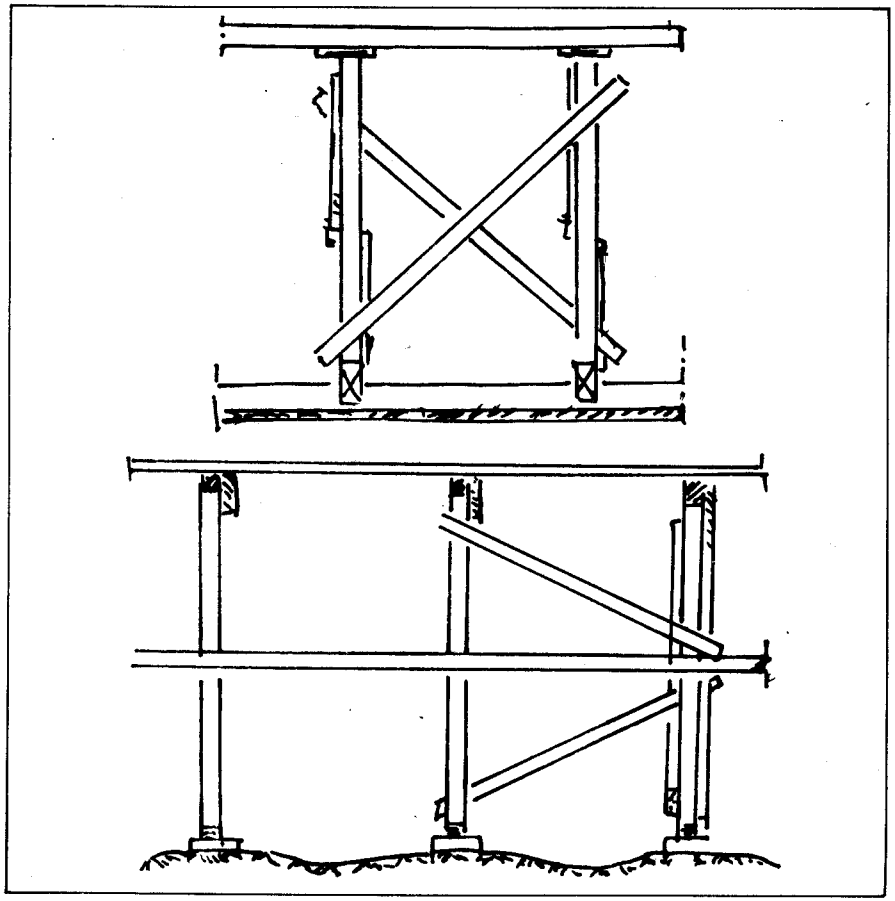
Sarang-sarang kerikil yang tampak, juga cacad lain yang terdapat setelah bekisting dibongkar, harus diperbaiki dengan cara mencatuk sampai kepada bagian beton yang keras. Bidang yang tercatuk kasar harus dibasahi dengan air sampai kenyang tetapi jangan sampai kebanyakan, kemudian lobangnya baru diisi dengan beton yang perbandingan campurannya sama, setelah dipoles sebelumnya dengan adukan semen yang kental.

4) Perhitungan bekisting sangat penting bila kita harus menyelenggarakan pekerjaan yang besar, terutama bagi pelaksana yang belum berpengalaman. Pelenturan yang diijinkan dari suatu bentang konstruksi boleh diambil 1/600 dari bentang yang ada.

Bekisting lantai dan balok

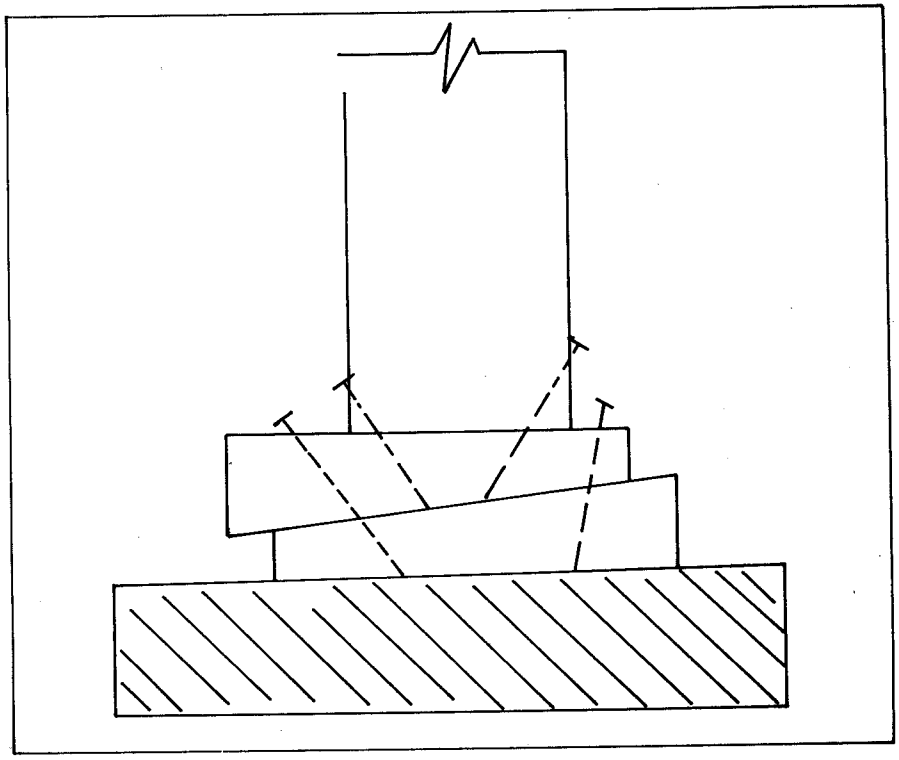
Ukuran yang biasa digunakan pada balok-balok penyangga suatu bekisting adalah 6 cm x 15 cm atau 8 cm x 20 cm, dan selalu dipasang berdiri, agar diperoleh momen tahanan W yang besar.

W diperoleh dengan rumus M = T x W jadi makin besar W makin besar pula M. Hal ini bila dihubungkan dengan tegangan. Terhadap pelenturanpun akan diperoleh keuntungan karena dari I = 1/12 b d3 didapatkan I yang besar akibat dipemangkat-tigakan d, bukan b, di mana d lebih besar dari b.



Gambar 6-84 ***Bekisting lantai dan balok***

Pada Gambar 6-84 terlihat bekisting lantai beton. Slempang-slempang kayu untuk mengkakukan konstruksi bekisting atau untuk memperkecil knik (lentur), terlihat jelas pada gambar tersebut. Tiang bekisting harus mudah distel dan dibongkar. Untuk ini tiang didirikan di atas baji-baji (kek), sedang baji-baji ini dipakukan pada papan/kayu yang agak tebal untuk meratakan tekanan tiang bekisting pada tanah.



Gambar 6-85 ***Cara pemakuan pada kayu/papan.***

Pemakuan dipakukan sedemikian rupa sehingga mudah pembongkarannya (Gambar 6-85). Baji-baji ini dibuat dari kayu yang keras, misalnya kayu jati. Tanah di mana tiang bekisting akan didirikan harus dipadatkan dulu dengan pasir bila terdapat lobang-lobang pada tanah.

Untuk menghitung kekuatan balok ujung-ujung ini dapat dipakai ketentuan bahwa momen pada balok yang menonjol sepanjang L = ½ q l^2 di mana q adalah jumlah beban seluruhnya yang didukung lantai bekisting termasuk berat sendiri.

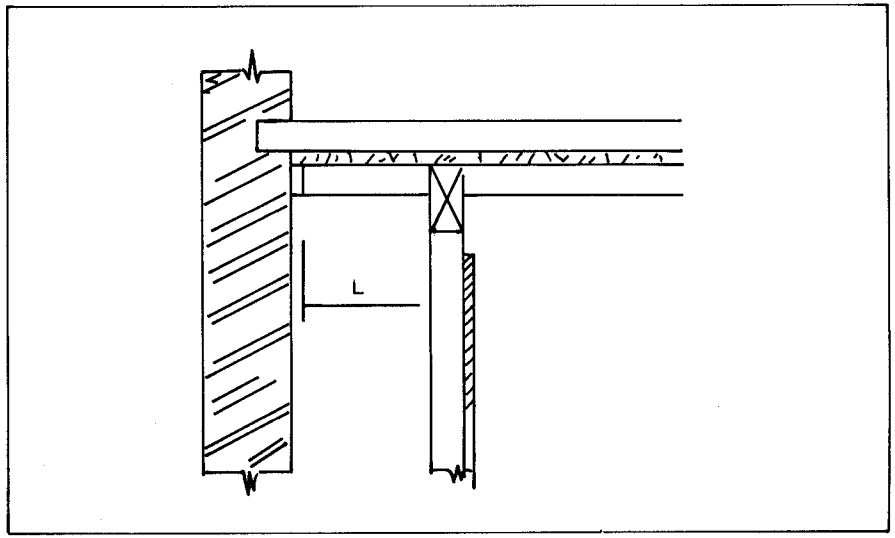
Penurunan (zaking) = f yang diijinkan di sini :

$$f = \frac{(q l^4)}{(8 E I)}$$

Karena alasan praktis jarang sekali digunakan, maka mengenai contoh perhitungan seperti dimaksud tidak akan diberikan di sini. Juga mengingat penghematan yang tidak begitu berarti dibandingkan dengan perhitungan yang dikerjakan.

Pada Gambar 6-86 terlihat suatu bekisting balok yang menggantung bebas dengan satu tiang penyangga. Di dalam praktek acap kali terdapat bekisting balok latei atau balok keliling (ringbalk).

Pada balok dengan ukuran yang agak berat kemungkinan dipergunakan dua buah tiang bekisting seperti terlihat pada Gambar 6-86 dan 6-87 mempunyai persamaan, yaitu tidak meninggalkan slempang-slempang untuk mengkakukan bekisting, supaya bekisting tidak berubah, yang akan mengakibatkan berubahnya bentuk konstruksi beton bertulang yang dikehendaki.



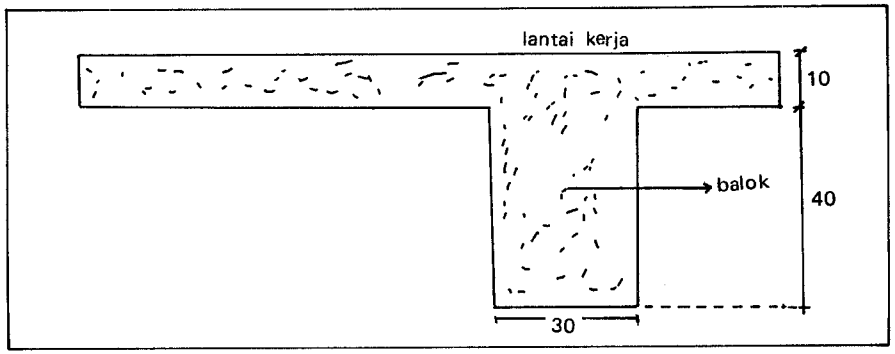
Gambar 6-86 ***Bekisting balok yang menggantung.***

Bekisting di dalam tanah

Lantai dan balok seperti terlihat pada Gambar 6-87, terletak di atas tanah. Konstruksi ini akan dibuatkan bekistingnya. Maka yang mula-mula harus kita kerjakan tanah di mana beton akan dituangkan harus dibersihkan dahulu dari kotoran-kotoran tanah. Bila terdapat tanah yang kurang tinggi duganya atau bagian tanah yang lembek, harus diisi atau diganti dengan urugan pasir.

Kemudian dibuat lantai kerja dengan campuran 1 p.c. : 3 pasir : 5 kerikil dengan air secukupnya, campuran dituangkan setebal 5 cm. Lantai kerja ini berguna sekali untuk mencegah berkaratnya besi beton dan meresapnya air semen sewaktu penuangan beton (Gambar 6-88).

Untuk mencegah rusak dan gugurnya tanah samping dan yang lebih penting lagi berkaratnya besi tulangan dan meresapnya air semen sewaktu penuangan, bagian sisi dari balok beton perlu dipasangkan papan bekisting yang dipakukan

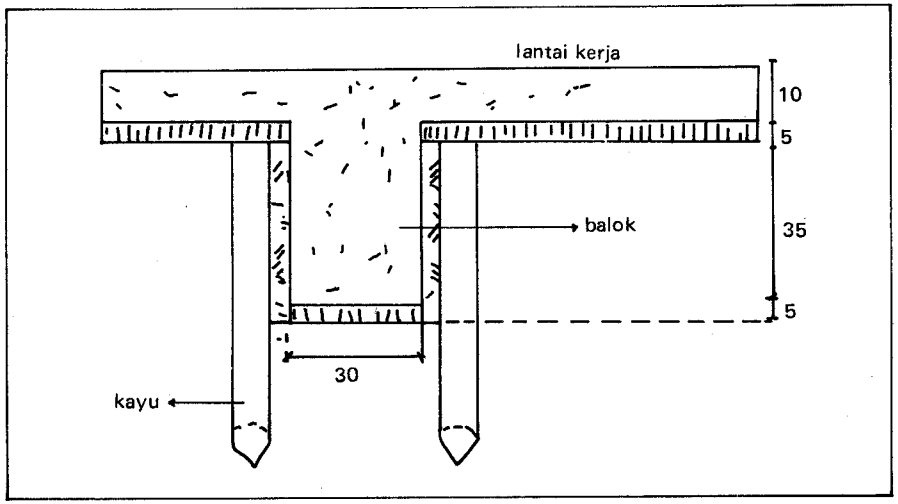


Gambar 6-87 ***Denah pembuatan lantai kerja pada bekisting di atas tanah.***

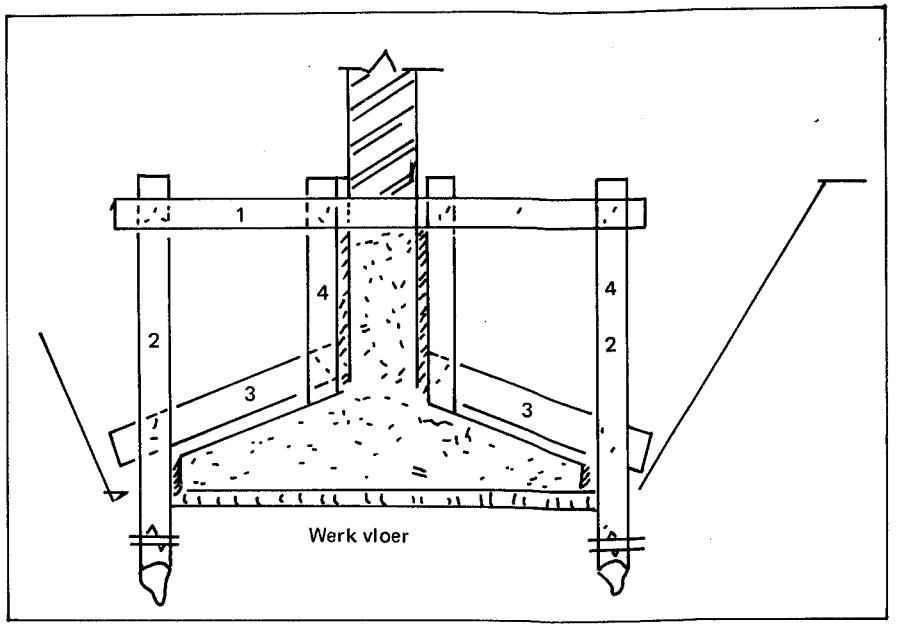
pada tiang-tiang atau pokok-pokok kayu yang banyaknya berdasar kebutuhan.

Tiang dan papan bekisting yang digunakan untuk konstruksi ini cukup digunakan tiang dan papan bekisting bekas, mengingat kelak bekisting ini tidak diambil lagi. Inilah yang dinamakan bekisting hilang (verloren bekisting).

Pada Gambar 6-89 terlihat pondasi yang langsung terletak di atas tanah, pondasi ini biasa disebut pondasi pelat kaki (voetplaat). Perhatikan letak kayu bekistingnya dengan tanda no. 1, 2, 3, dan 4, diusahakan supaya berbentuk trapesium, untuk membuat kekakuan pada bekisting. Pemberian bentuk segi empat menyebabkan bekisting tidak kaku (yang dimaksud segi empat ialah jajaran genjang atau persegi panjang/bujur sangkar), sehingga kemungkinan menyebabkan



Gambar 6-88 ***Denah pembuatan lantai kerja pada bekisting di dalam tanah.***



Gambar 6-89 ***Pondasi pelat kaki (voetplaat).***

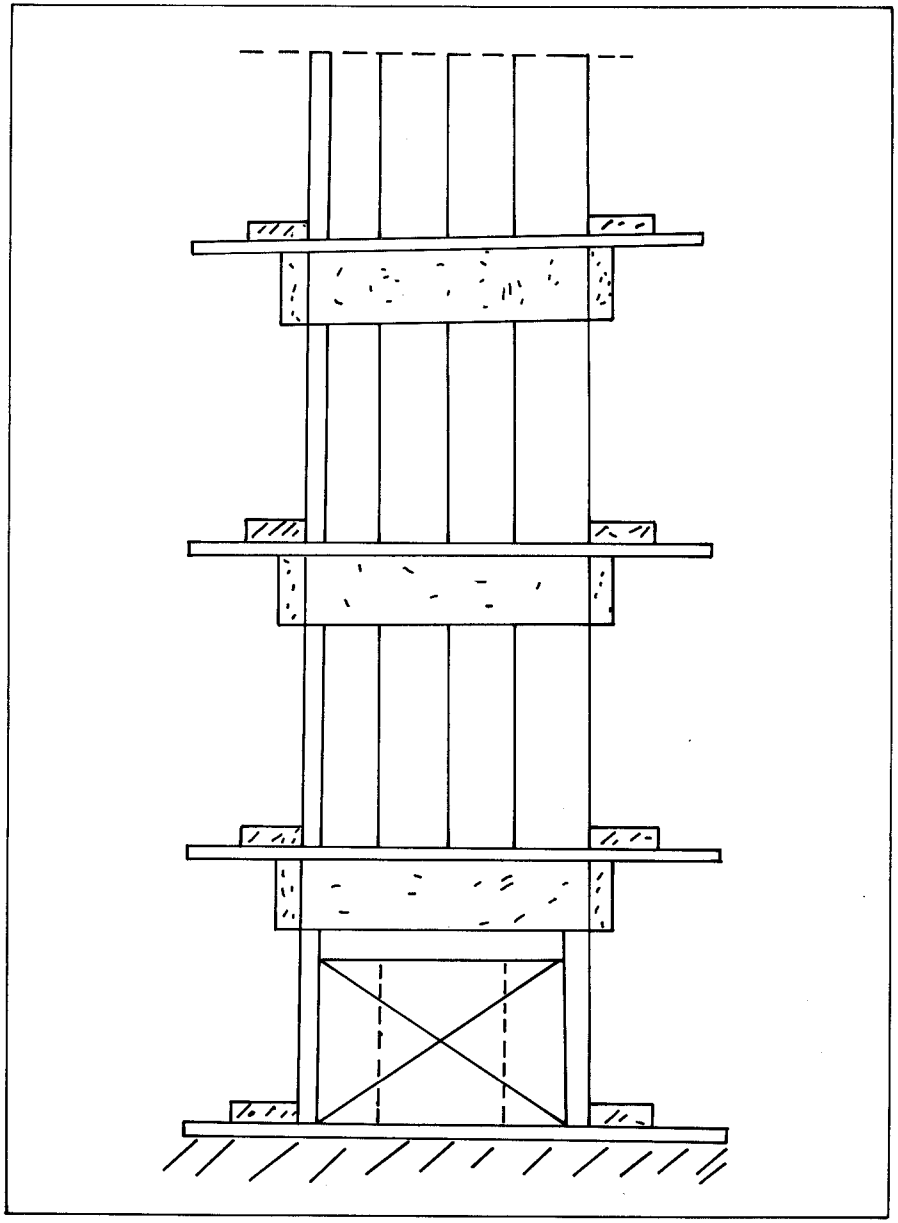
berubahnya bentuk bekisting sewaktu pengecoran, yang mana akan mengakibatkan berubahnya bentuk konstruksi yang dikehendaki.

Bekisting kolom

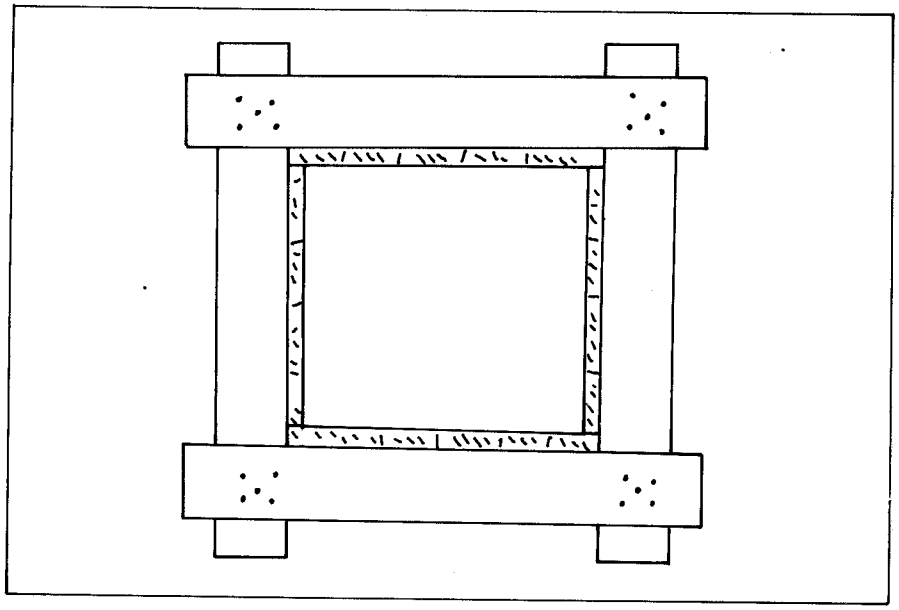
Dalam praktek terdapat bermacam-macam kolom antara lain : yang mempunyai bentuk bujur sangkar, jajar siku, segi delapan dan bulat. Di antara yang paling banyak digunakan adalah yang berbentuk bujur sangkar dan jajar siku.

Kolom dengan bentuk bujur sangkar, bekistingnya dapat dilihat pada Gambar 6-90. Yang perlu diperhatikan adalah bahwa bagian bawah dari dindingnya bekisting harus diberi lobang kontrol lengkap dengan tutupnya. Lobang ini dibuka bila kolom sudah siap untuk dicor, maksudnya semua kotoran yang ada di dalamnya dikeluarkan melalui lobang ini, yang kemudian ditutup kembali.

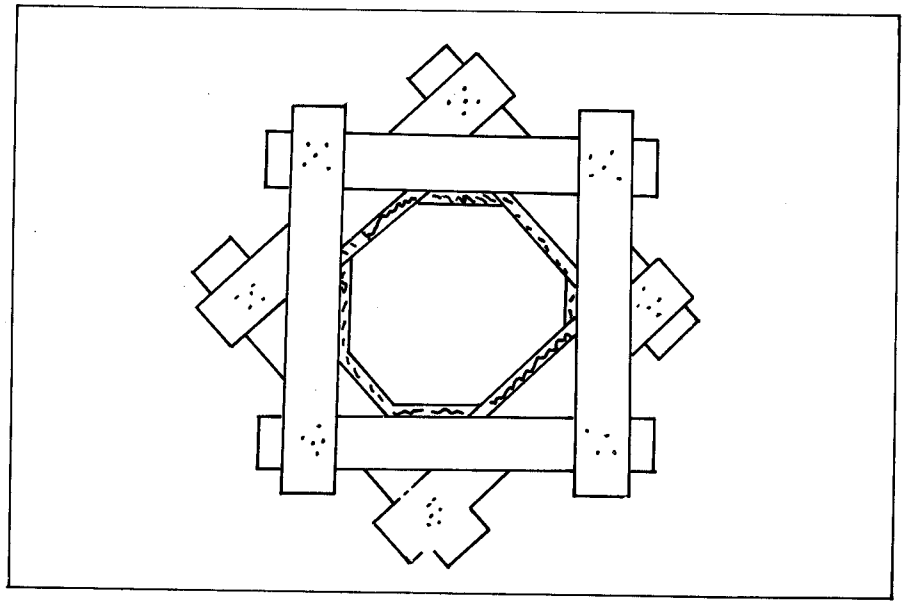
Untuk kolom yang mempunyai tinggi lebih dari dua meter setiap tinggi dua meter harus diperlengkapi lobang seperti lobang kontrol di bawah/ditengah. Maksud dari lobang ini ialah untuk jalan penuangan beton, sebab beton tidak boleh dijatuhkan lebih tinggi dari dua meter. Beton dengan tinggi jatuh lebih dari dua meter akan terjadi sarang-sarang kerikil pada beton itu, karena berat jenis batu yang lebih besar dari bagian-bagian lain dari beton, maka batulah yang pertama-tama akan jatuh.



Gambar 6-90 ***Bekisting dengan lobang untuk pengeluaran kotoran di bagian bawahnya.***

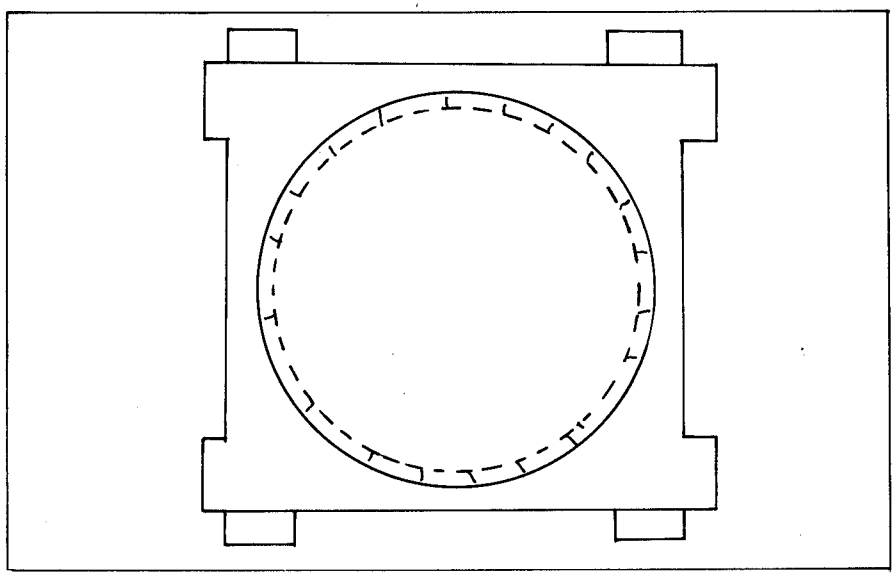


Gambar 6-91 ***Kolom bekisting bentuk bujur sangkar.***

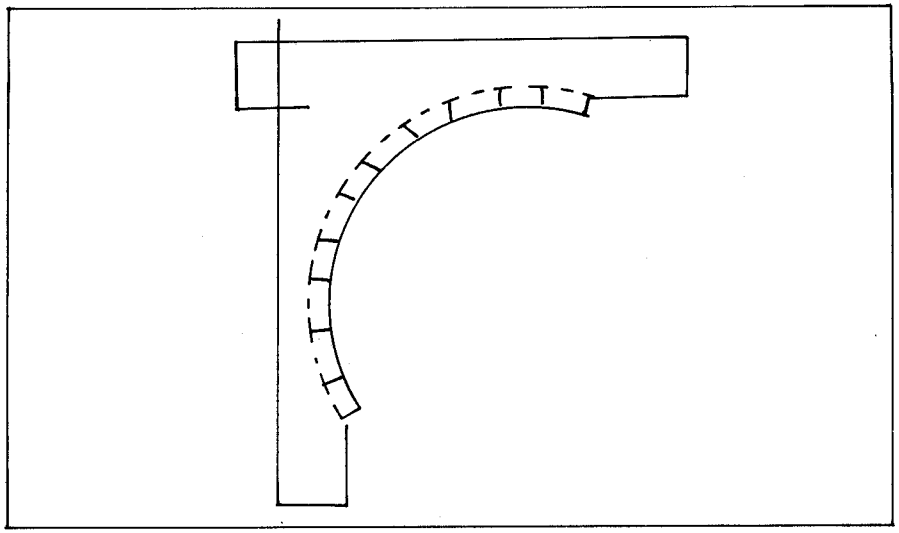


Gambar 6-92 ***Bekisting kolom berbentuk segi delapan.***

Kolom dengan bentuk jajar siku bisa dikerjakan seperti Gambar 6-90. Kolom yang berbentuk segi delapan dan kolom bulat terlihat pada Gambar 6-91 dan 6-92.

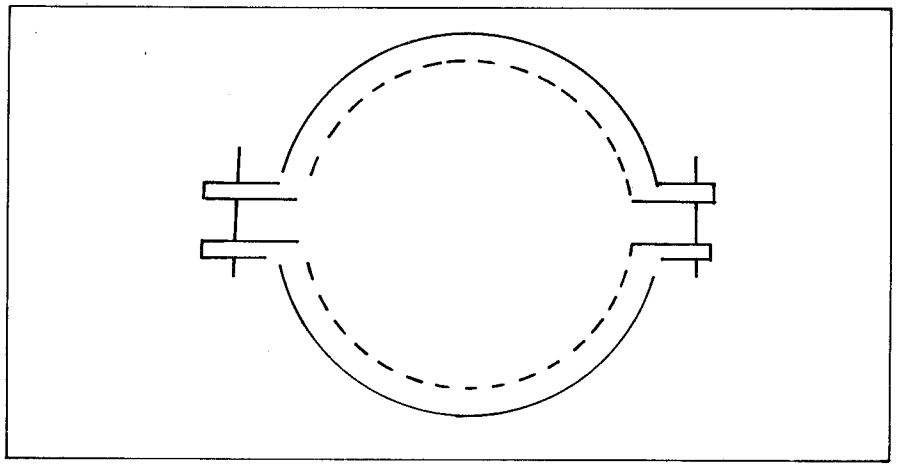


Gambar 6-93 ***Bekisting kolom berbentuk bulat.***

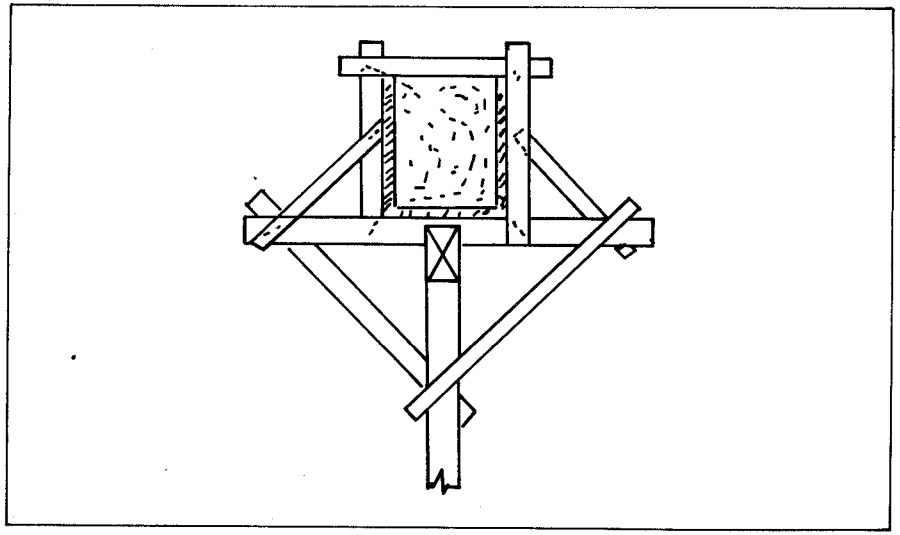


Gambar 6-94 ***Tahap pembuatan bekisting kolom berbentuk bulat.***

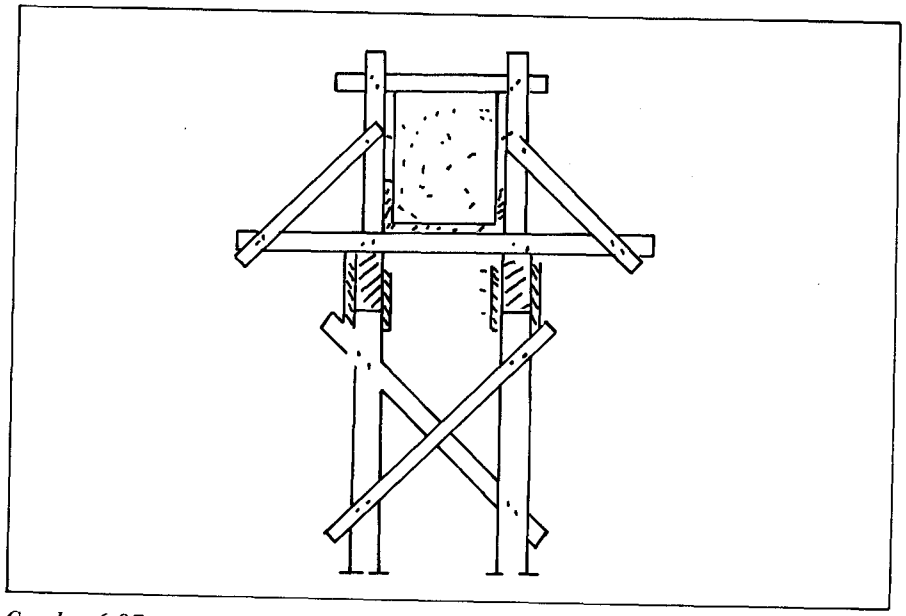
Bekisting kolom bulat dapat diperoleh dengan jalan yang mudah bila dibuat bekisting itu separoh-separoh. Mula-mula dibuat seperti Gambar 6-93 terlebih dahulu, lalu baru dua kali separoh bekisting ini disatukan, sehingga terbentuklah bekisting bulat. Regel/kelem yang digunakan berukuran 2,50 x 4 cm. Kadang-kadang sengkang besi seperti terlihat pada Gambar 6-94 sering dipergunakan untuk memperkuat bekisting.



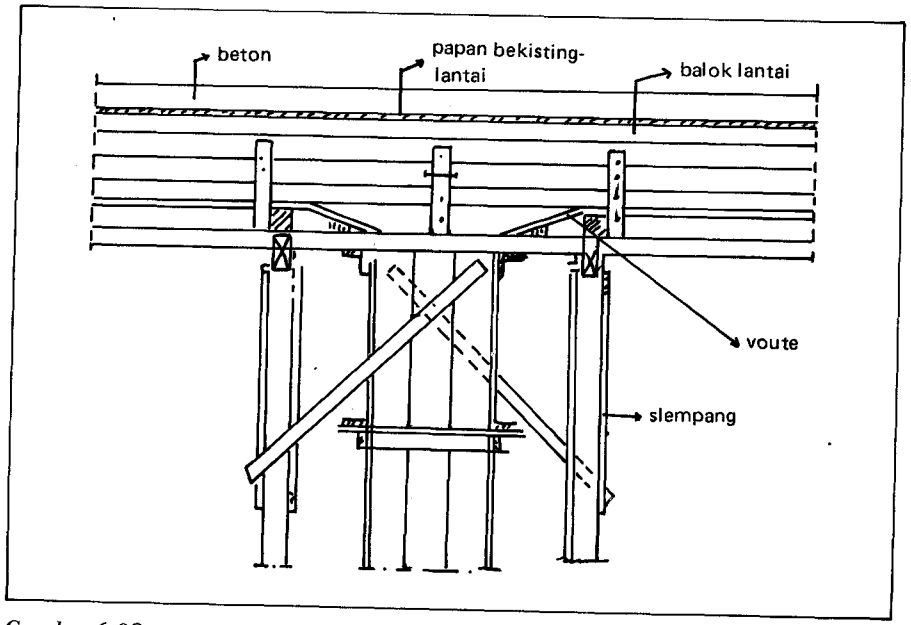
Gambar 6-95 ***Sengkang besi untuk memperkuat bekisting.***



Gambar 6-96 ***Satu tiang menyangga bekisting balok***



Gambar 6-97 *Dua tiang menyangga bekisting*



Gambar 6-98 *Bekisting gabungan, yaitu bekisting balok, kolom dan pelat.*

Bekisting Gabungan

Dari bekisting balok, kolom dan pelat yang telah disebut di atas, dapat dikerjakan gabungan dari ketiga macam bekisting, seperti yang sering dijumpai dalam praktek (Gambar 6-37). Balok yang diberi bekisting mempunyai voute. Untuk ini papan bekisting dasar dibuat miring sesuai dengan voute yang dikehendaki. Bila perlu boleh menggunakan kawat pengikat berdiameter 3/16″ untuk mengikat dinding bekisting balok yang sebelah dengan yang lainnya, pada satu balok yang sama asal kawat pengikat tadi tidak menyentuh tulangan beton yang ada.

2. FUNGSI BESI DAN BETON

Seperti ternyata beton adalah suatu bahan yang mempunyai kekuatan tinggi terhadap tekan, tetapi sebaliknya mempunyai kekuatan relatip sangat rendah terhadap tarik. Dengan menggunakan kombinasi beton dengan baja sebagai bahan struktur, maka tegangan-tegangan tekan di dalam penampang dipikulkan kepada beton, sedangkan tegangan-tegangan tarik dipikulkan kepada baja.

Tegangan tarik di dalam penampang yang dipikulkan kepada baja menyebabkan beton di sekitarnya retak-retak. Memang beton tidak bekerja effektif seluruhnya di dalam penampang-penampang struktur beton bertulang, hanya bagian yang tertekan saja yang effektif dan hanya merupakan beban mati yang tidak bermanfaat. Hal inilah yang menyebabkan tidak dapatnya diciptakan struktur-struktur beton bertulang dengan bentang yang panjang secara ekonomis, karena terlalu banyak beban mati yang tidak effektif. Di samping itu, retak-retak sekitar baja tulangan, yang merupakan sumber proses karatan yang berbahaya bagi struktur. Putusnya baja tulangan akibat karatan adalah fatal bagi struktur. Menyadari kekurangan-kekurangan yang dirasakan pada struktur beton bertulang seperti diuraikan di muka timbullah gagasan untuk menggunakan kombinasi bahan beton secara lain, yaitu dengan memberikan pra tekanan pada beton melalui kabel baja yang ditarik.

Besi Beton dan Kawat Pengikat

Besi beton yang digunakan tidak boleh menunjukkan retak-retak, bergelombang, lipatan dan cacad lainnya. Pada waktu diangkut besi tidak boleh menunjukkan retak-retak atau patah dan tidak boleh berubah bentuk.

Perbedaan mengenai tebalnya, yang diijinkan pada diameter 5 sampai 25 mm adalah sekitar 0,50 mm dan pada diameter 25 sampai 50 mm adalah sekitar 0,57 mm. Percobaan mekanik harus menghasilkan kokoh tarik sebesar 37 sampai 50 kg/mm^2. Jika dibengkokkan tidak boleh menunjukkan retak-retak.
retak-retak. Maksimum banyaknya batang percobaan adalah 5% dari jumlahnya

semuanya tetapi tidak boleh lebih dari 1 batang tiap 2 ton.

Besi beton yang ada di dalam perdagangan menurut ukuran metrik adalah bergaris tengah : 6, 8, 10, 12, 14, 19, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, dan 50 mm. Dalam ukuran Inggris akan bergaris tengah : 1/4, 5/16, 3/8, 1/2, 9/16, 5/8, 3/4, 7/8, 1, 11/8, 11/2, 13/4, dan 2 inci. Semuanya dengan ukuran panjang antara 12 sampai 14 meter. Besi beton yang sering digunakan adalah yang berpenampang bulat. Tetapi ada juga macam-macam besi yang lain.

Besi beton pada bangunan beton bertulang harus betul-betul dilindungi oleh beton, tidak boleh kemasukan udara luar, supaya tidak berkarat. Lapis beton yang melindungi ini disebut lindungan beton (beton-dekking). Lindungan beton ditentukan tebalnya dan diambil dari bagian yang paling tepi sebelah luar sampai serat terluar yang melindungi. Untuk konstruksi yang lain lindungannya beton juga berlainan.

Kawat beton harus kawat besi yang ber-kwalitas lunak, setebal kira-kira 1 mm, yang terlebih dahulu dipijarkan dan tidak tersepuh seng.

Memasang tulangan

Memasang atau menganyam tulangan dapat dilakukan di bengkel atau dikerjakan di mana tulangan-tulangan itu akan dituangi beton. Hal ini tergantung dari macam konstruksi. Untuk konstruksi yang ringan seperti kolom-kolom (tiang-tiang), balok keliling, lantai dan pelat-pelat penutup selokan, penulangan dapat dikerjakan di bengkel. Untuk konstruksi yang berat dan sulit misalnya pelat-pelat lantai untuk bangunan bertingkat, balok-balok yang berat, pelat tangga dan bordes hanya dapat dikerjakan setempat.

Tentu saja pada penulangan setempat dasar-dasar dari papan bekisting telah disiapkan sebelumnya atau bisa dikerjakan sesudahnya tergantung dari macam konstruksi.

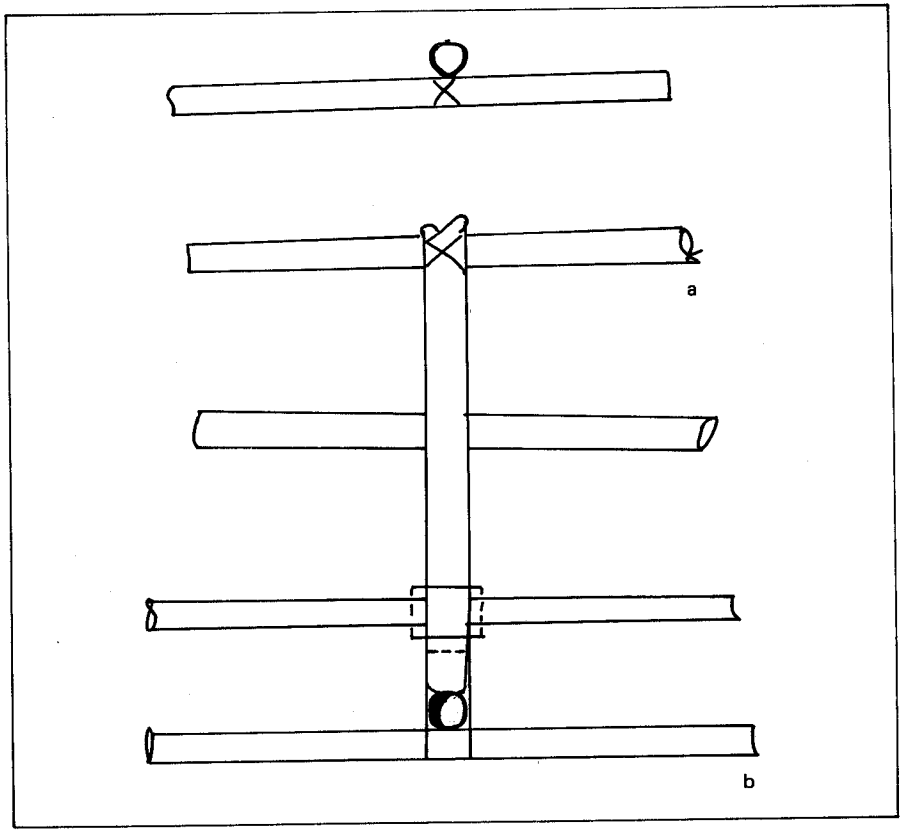
Pada penulangan pelat, sesudah tulang-tulang itu diletakkan pada jarak yang telah ditentukan pada kedua arah lanjutannya, maka pada persilangan antara dua tulangan harus diikat dengan kawat beton (beton binddraad) agar tulangan-tulangan tetap berada pada tempatnya. Kawat pengikat ini dibuat dari pada kawat berdiameter 1 mm, yang telah dipijarkan sehingga kawat ini menjadi lemas. Tidak perlu setiap tulangan diikatkan dengan kawat beton ini tetapi cukup setiap dua persilangan, lalu setiap 4 ikatan, ikatannya dibuat lebih sempurna (Gambar 6-98).

Pengikatan dengan kawat pengikat beton hanya boleh dikerjakan dengan tang gunting yang tertentu untuk menggunting ujung dari ikatan (Gambar 6-99). Pada anyaman tulangan yang terletak di bagian atas dari pekat anyaman tulang ini diganjal dengan besi penahan, dan kita tumpangkan pada anyaman di bawahnya (Gambar 9-98a). Sedangkan di bawah anyaman kita ganjal dengan blok-blok beton (Gambar 6-98b).

Dalam praktek orang biasa menyebut tahon yang dibuat dari campuran be-

ton yang tidak tembus air dan telah diperlengkapi dengan kawat pengikatnya sekali.

Tentu saja pembuatan besi penahan dan blok-blok beton ini mengingat letak dari pada tulangan dan penutup betonnya. Balok-balok beton diletakkan kira-kira 4 biji tiap meter persegi. Pada penulangan balok, tiang dan lain sebagainya juga harus dipasangkan blok-blok beton dengan mengingat tebalnya lindungan beton yang dibutuhkan.



Gambar 6-99 *Ikatan rangkap setiap empat sambungan.*

Beberapa hal yang harus diperhatikan mengenai tebal dari lindungan beton yang dibutuhkan adalah :

a. Pada lantai/dinding sampai dengan tebal 10 cm, sekurang-kurangnya = 1 cm. Pada lantai/dinding setebal lebih dari 10 cm adalah 1,5 cm.

PERPUSTAKAAN WILAYAH DEP. P DAN K
Jl. Walikota Mustajab. 68
SURABAYA

b. Pada balok sekurang-kurangnya 2 cm.
c. Pada tiang sekurang-kurangnya 3 cm.

Jika sisi luar suatu konstruksi sesudah dituang tidak dapat diperiksa misalnya pada pondasi, maka ketentuan pada a, b, dan c ditambahkan 1 cm.

Karat pada tulangan beton

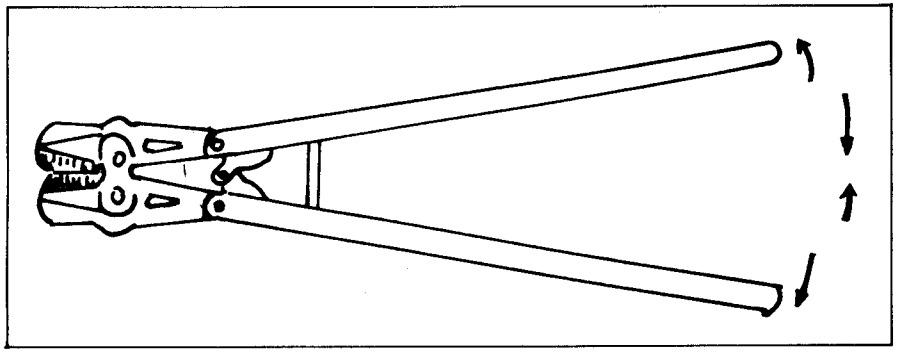
Pada tempat penimbunan besi beton, baik di dalam perdagangan, maupun dalam tempat-tempat pekerjaan pada umumnya, besi-besi beton banyak terlihat berkarat, apalagi jika besi beton itu terlalu lama disimpan di luar. Dengan jalan mengetuk-ngetuk besi beton atau dengan jalan menggosok-gosok batang itu dengan sikat baja maka kotoran dan karat-karat dapat dihilangkan.

Suatu lapisan karat yang melekat pada tiap-tiap besi beton tidak mempunyai sifat-sifat merusak, karena mortel semen mempunyai sifat menghilangkan karat, selain itu pelekatannya antara beton dan tulangannya akan menjadi lebih kuat.

Jika karat-karat yang melekat pada tulangan itu merupakan karat-karat yang mudah dikupas dan terdapat berkeping-keping, maka harus diselidiki berapa banyaknya pengurangan dari luar penampang besi, untuk selanjutnya pada perhitungannya hanya dihitung dengan luasan yang ada saja.

Menggunting tulangan dilakukan di tempat pekerjaan atau di bengkel pemborong beton. Kebanyakan pemborong melakukan pekerjaan ini dibengkelnya masing-masing mengingat perlengkapan di bengkel lebih baik dan lebih lengkap. Juga pengangkutannya ke pekerjaan akan lebih mudah, karena batang-batang yang pendek mudah sekali diangkut dengan truk atau alat transport lain.

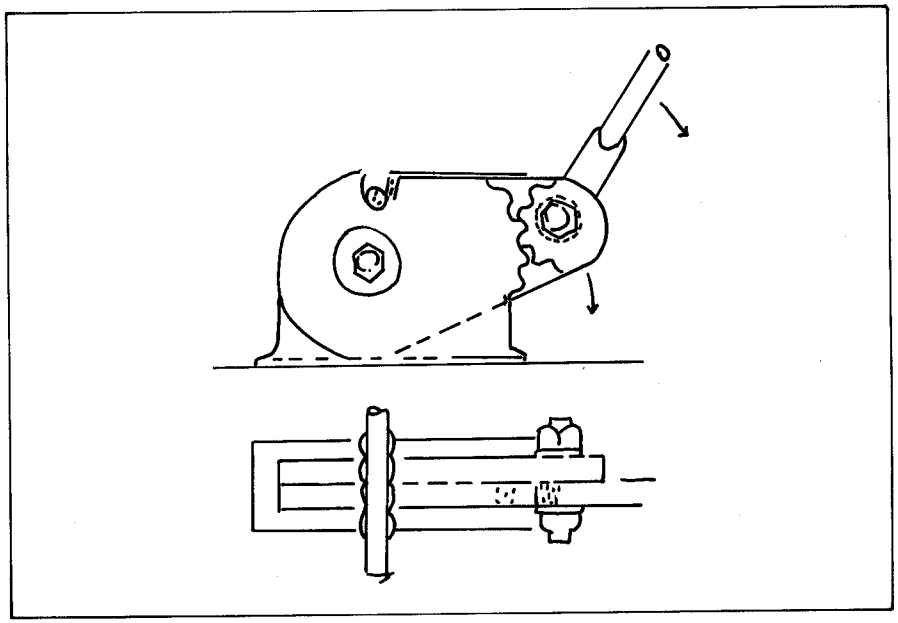
Pengguntingan besi beton yang berdiameter kecil (sampai dengan 14 mm atau ½″) dapat dilakukan dengan alat gunting seperti terlihat pada Gambar 6-100. Pada ujung gunting ini terlihat pisau-pisau baja yang dapat diganti bila su-



Gambar 6-100 ***Gunting tangan untuk besi beton berpenampang kecil.***

dah aus, sehingga kita bisa menggunakan gunting ini dalam waktu yang lama. Untuk menggunting besi beton dengan penampang yang lebih besar dipakai mesin gunting yang dikerjakan dengan motor-listrik.

Mesin gunting yang digerakkan dengan handle (tongkat) baik untuk memotong besi beton yang besar, sebab bisa menggunting dengan sempurna (Gambar 6-101). Sebaiknya batang yang telah digunting diberi tanda seperlunya sehingga mempermudah pada waktu memasangkan batang-batang itu bila akan diberikan tulangan pada beton.

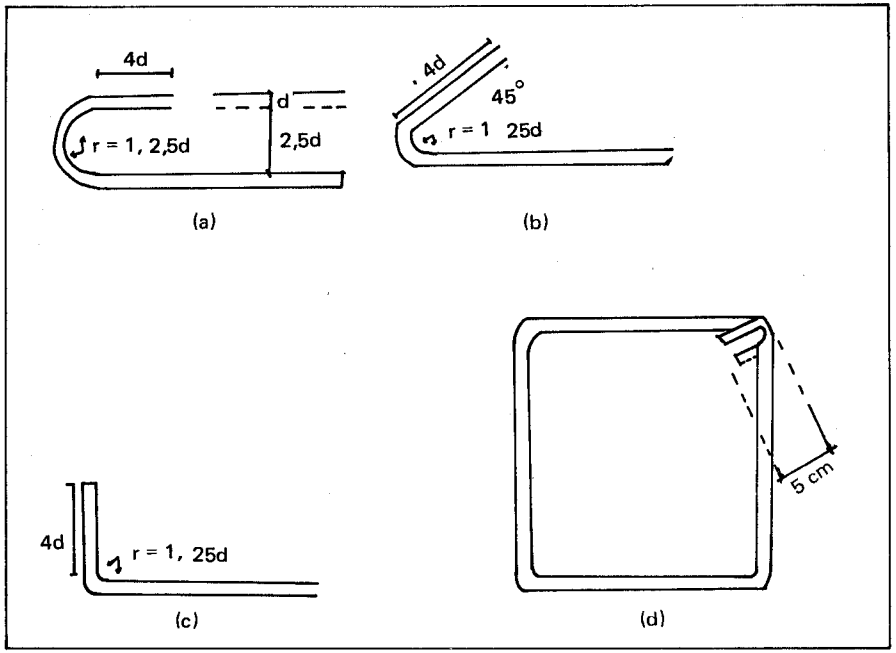


Gambar 6-101 ***Gunting tangan untuk besi beton berpenampang besar.***

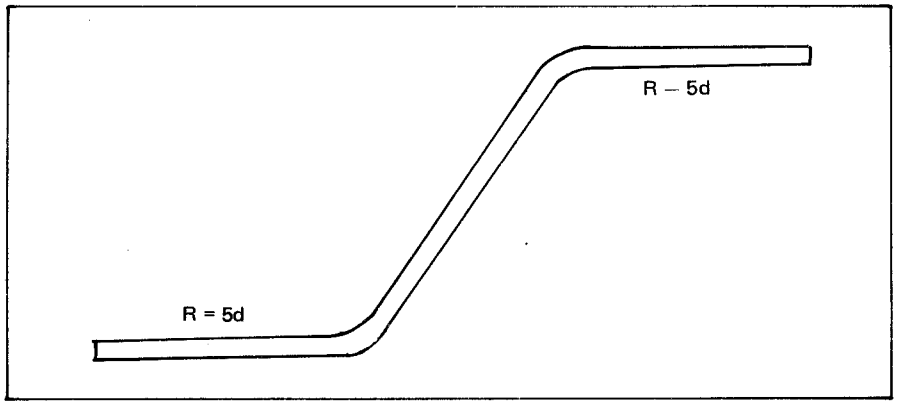
Membengkok tulangan

Untuk memberikan pengangkutan yang baik batang-batang besi perlu diberi kait. Ada bermacam-macam kait seperti terlihat pada Gambar 6-102 a, b, c, dan d. Ukuran yang tercantum pada gambar adalah ukuran minimum. Kait pada sengkang atau begel pada Gambar 6-102 a, b, c dan d harus bulat atau serong, bagian yang lurus minimum 5 cm.

Kait siku hanya bisa dipergunakan pada pelat. Jari-jari dalam pada busur lingkaran pada sudut-sudut sekurang-kurangnya 5d (Gambar 6-103). Untuk batang yang penampangnya tidak bulat, garis tengahnya diambil yang besar (Gambar 6-104).



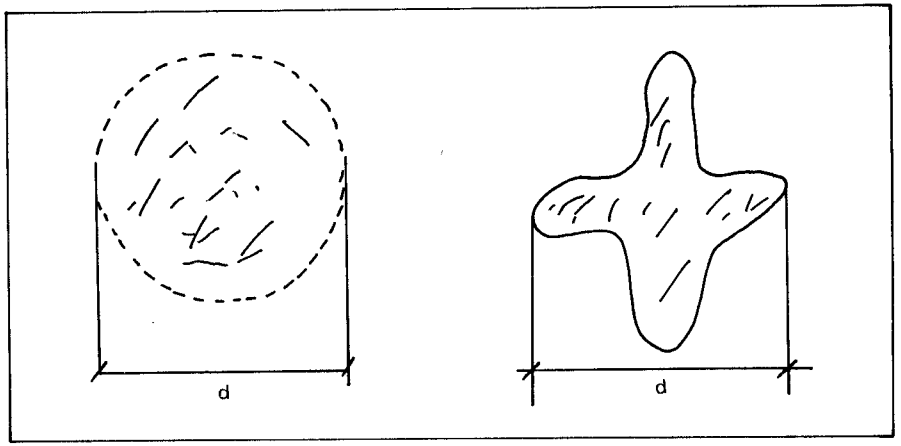
Gambar 6-102 *Bermacam-macam kait untuk memberikan pengangkuran yang baik.*



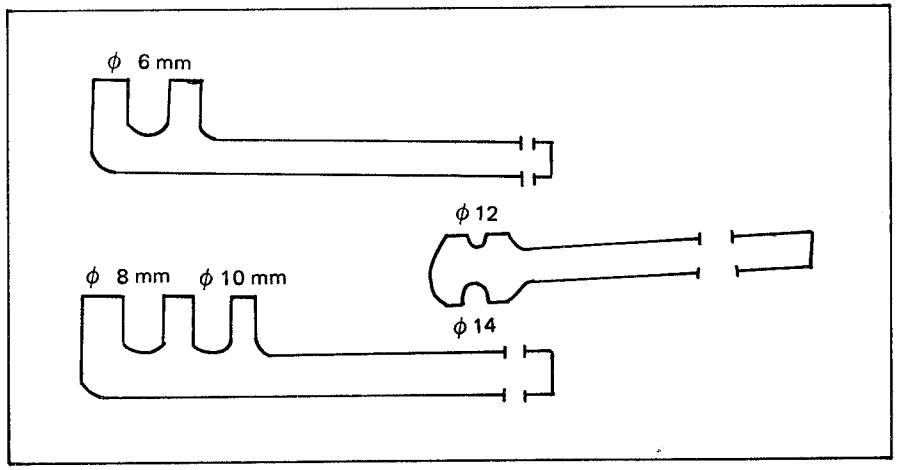
Gambar 6-103 *Kait pembengkokan*

Untuk membengkokkan batang dengan garis tengah antara 6 mm sampai 14 mm atau ¼″ sampai ½″ dapat digunakan alat pembengkok batang besi (Gambar 6-105). Untuk batang bergaris tengah lebih besar dari 14 mm, disediakan alat pembengkok yang digerakkan dengan motor. Di samping itu dipergunakan alat pembengkok sederhana yang cukup digerakkan dengan tangan (Gambar 6-106).

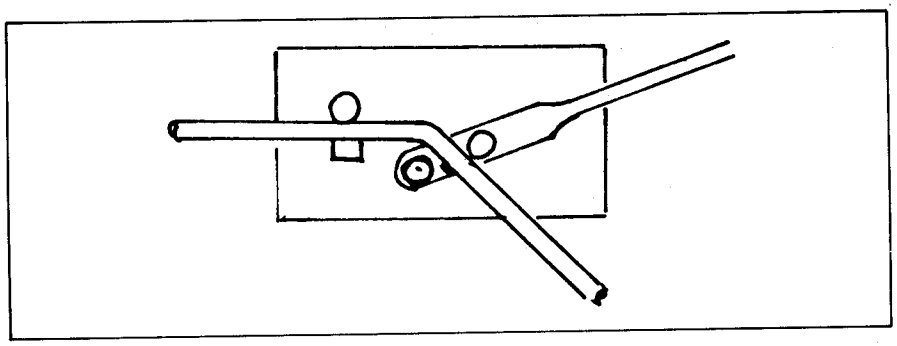
Untuk mempercepat pemasangan tulangan, tanda-tanda pada besi yang telah dikerjakan pembengkokkannya perlu diadakan, misalnya dengan pembubuhan meni, atau cat seperlunya saja, karena cat mempunyai daya melekatkan antara besi dan beton.



Gambar 6-104 *Pengambilan ukuran garis tengah pada batang berpenampang bulan dan sembarang.*



Gambar 6-105 *Alat pembengkok batang besi.*



Gambar 6-106 *Alat pembengkok sederhana yang digerakkan dengan tangan.*

3. DASAR-DASAR PERENCANAAN BEKISTING BETON BERTULANG

Perhitungan Bekisting

Papan-papan bekisting lantai dan dasar-dasar balok dianggap sebagai suatu rasuk panjang yang terletak lebih dari satu titik tumpuan sehingga untuk momen maksimum dapat diambil $1/10\ q.l^2$.

Momen ini terjadi bila daerah (lapangan) pertama telah dituang. Dalam hal ini besar penurunan (zaking) adalah :

$$f = \frac{q\ l^4}{100\ E\ I}$$

Karena momen yang timbul = $1/10\ q\ l^2$ itu harus diusahakan supaya tegangan yang timbul tidak melampaui tegangan yang diijinkan. Dalam hal ini harus diperhitungkan terhadap dua faktor (tegangan dan penurunan) faktor mana yang paling membahayakan.

a. *Terhadap tegangan :*

Jika L = bentang dari papan bekisting dalam meter.
d = tebal papan dalam cm.
h = tebal beton lantai/balok dalam cm.

sebagai bobot plastis, termasuk berat sendiri dan lain-lain diambil angka 2500 kg/m^3, maka untuk lebar lantai b besarnya :

$\sigma = M/W = (1/10\ q\ l^2) : (1/6\ b\ d^2) =$

$(1/10 \times 25h/10^4 \times b\ l^1\ 10^4) : (1/6 \times b\ d^2) \leqslant \bar{\sigma}$

hasilnya : $L \leqslant (2,32d) : \sqrt{h}$

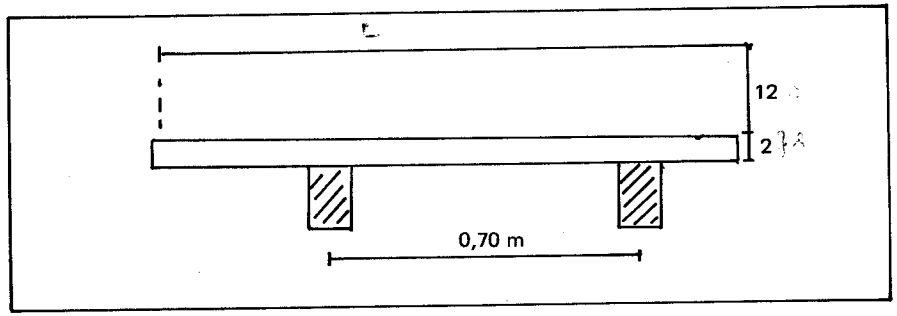
b. *Terhadap lengkung :*

$f = (q\ l^4) : (100\ E\ I) = (25h/10^4 \times b \times L^4 \times 10^8) :$
$(10^2 \times 10^5 \times 1/12 \times b \times d^3) \leqslant 1/600 \times L \times 10^2.$

hasilnya : $L = (0,822\ d) : \sqrt[3]{h}$

CONTOH SOAL 1 :

Lantai sebuah bangunan beton yang akan dilaksanakan tebalnya 12 cm. Jika untuk papan bekistingnya hanya tersedia papan dengan ukuran tebal 2 cm, berapa jarak antara sumbu ke sumbu balok bekisting yang menyangga papan bekisting tersebut ?



Gambar 6-107 *Menghitung jarak balok bekisting yang menyangga lantai sebuah bangunan beton.*

a. *terhadap tegangan :*

$L = (2,32d) : \sqrt{h} = (2,32 \times 2) : \sqrt{12} = 1,33$ m.

b. *terhadap lengkungan :*

$L = (0,822d) : \sqrt[3]{h} = (0,822 \times 2) : \sqrt[3]{12} = 0,71$ m.

Jarak yang menentukan 0,71 m dan untuk praktisnya diambil 0,70 meter.

CONTOH SOAL 2 :

Berapakah jarak antara pemikul sebuah balok dengan yang akan dicor, bila tinggi balok beton sama dengan 60 cm, sedang papan bekisting yang tersedia

berukuran 6 cm x 15 cm.

Lebar papan di sini tidak mempengaruhi perhitungan.

a. *terhadap tegangan :*

$$L = (2{,}32 \times 6) : \sqrt{60} = 1{,}80 \text{ m.}$$

b. *terhadap lengkungan :*

$$L = (0{,}822 \times 6) : \sqrt[3]{60} = 1{,}25 \text{ m.}$$

Jadi jarak yang menentukan 1,25 m.

Dengan jalan seperti di atas dapatlah disusun suatu daftar untuk memudahkan/mempercepat pelaksanaan dalam praktek, di mana pada daftar berikut telah dimasukkan angka keamanan.

TABEL X **Jarak tumpuan kayu-bekisting.**

L = jarak sumbu tumpuan dalam cm											
h	**d = 2**	**2,5**	**3**	**3,5**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**10**	**12**
8	76	95	114	133	152	190	228	226	304	380	546
10	70	88	105	123	141	176	211	246	281	351	422
12	66	83	100	116	133	166	199	233	265	332	399
15	62	77	92	108	123	153	185	216	246	307	370
20	56	70	84	98	112	140	168	196	223	279	336
30	49	61	74	86	98	122	147	171	195	244	293
40	44	56	67	78	89	111	133	155	177	222	267
50	41	52	62	72	83	103	124	144	165	206	248
60		49	58	68	77	97	117	136	155	194	233
70		48	55	64	74	92	111	129	147	184	221
80		46	53	61	71	88	106	124	140	176	212
90		44	51	60	68	85	102	119	136	170	204
100		42	49	57	66	82	98	115	131	164	197

d = tebal papan / balok bekisting dalam cm.
h = tebal/tinggi beton yang akan dibuat/dicor dalam cm.

Penggunaan Tabel X adalah sebagai berikut :

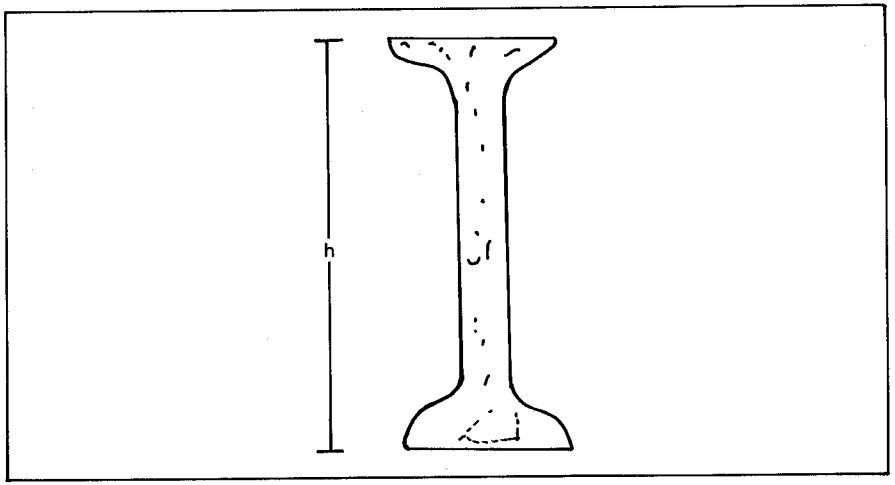
1. Bila pelat beton yang akan dicor tingginya 12 cm, sedang papan yang tersedia tebalnya = 2 cm, maka jarak sumbu tumpuannya sekitar 66 cm. Bila tebal papan yang tersedia = 2,50 cm, maka jarak sumbu tumpuannya = 83 cm dan seterusnya.
2. Tiang/kolom beton dengan ukuran 40 x 40 cm direncanakan untuk jarak klam bekistingnya 50 cm, maka dari daftar dapat ditentukan bahwa tebal papan digunakan adalah 2,50 cm.

7 Konstruksi Baja

1. MACAM-MACAM KONSTRUKSI BAJA

Untuk macam-macam baja profiel telah tersedia buku khusus yang merupakan daftar profiel. Daftar ini penting sekali untuk pegangan di samping buku ini. Dalam daftar tersebut tertera bermacam-macam profiel yang terdapat di dalam perdagangan dan penting untuk konstruksi bangunan, lengkap dengan ukuran-ukuran tinggi, lebar, jari-jari, sudut, tebal, luas penampang, berat kg/m^2, sumbu lentur x-x, sumbu lentur y-y, lobang untuk paku yang diperkenankan, luas bidang cat dan sebagainya (Lampiran 2, 3, 4, 5).

Profiel-profiel yang tertera antara lain ialah : Profiel I NP, dinyatakan dengan I NP. 8 ; I NP. 10 dan seterusnya. Nomor profiel menunjukkan tinggi dari profiel tersebut. Jadi I NP. 8, tingginya profiel = 8 cm, I NP. 10, tingginya profiel = 10 cm.



Gambar 7-108 ***Baja profiel I.***

Bila dinyatakan dengan 4 I NP. 20 berarti digunakan 4 batang dari I NP. nomor 20. Dalam perdagangan terdapat ukuran dari I NP. 8 sampai I NP. 60. NP.

berarti Normal Profiel. Panjang batang 4 sampai 15 mm (Gambar 7-108).

Baja [(baja kanal)

Gambar 7-108 dinyatakan dengan kalimat adalah sebagai berikut :

[no. 10 berarti baja kanal nomor 10.

[no. 12 berarti baja kanal nomor 12.

4 [no. 14 berarti 4 batang baja kanal nomor 14.

Tersedia dalam perdagangan no. 3 sampai no. 40. Panjang batang 4 sampai 15 meter.

Gambar 7-109 memperlihatkan bentuk seperti I NP. tetapi mempunyai plendes (flens) lebar dan rata, sedang pada I NP. plendes bagian dalam miring. Jenis profiel ini ada 4 macam, yang kesemuanya hampir bersamaan ukurannya, yaitu :

DIN (Differdange normal).

Tersedia DIN no. 10 sampai no. 100. Panjang 3 sampai 15 meter.

DIR (Differdange renforce).

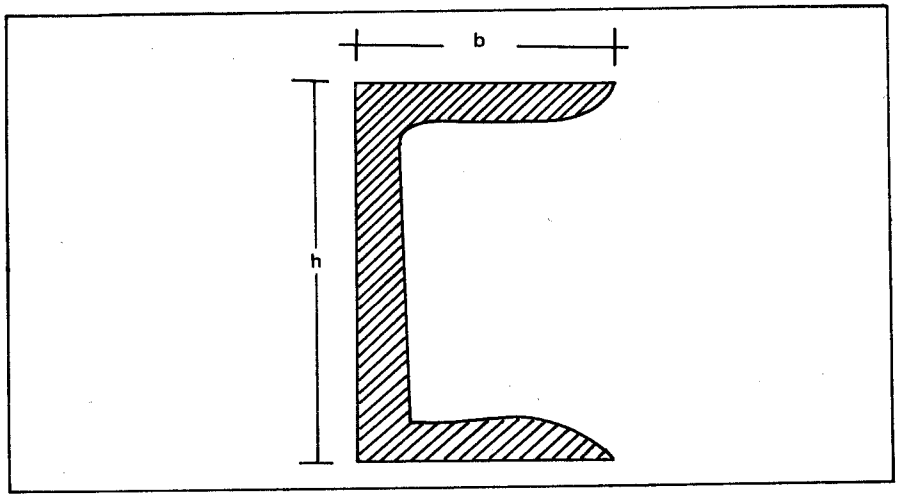
Tersedia DIR no. 10 sampai no. 100. Panjang 4 sampai 15 meter.

DIL (Differdange leger).

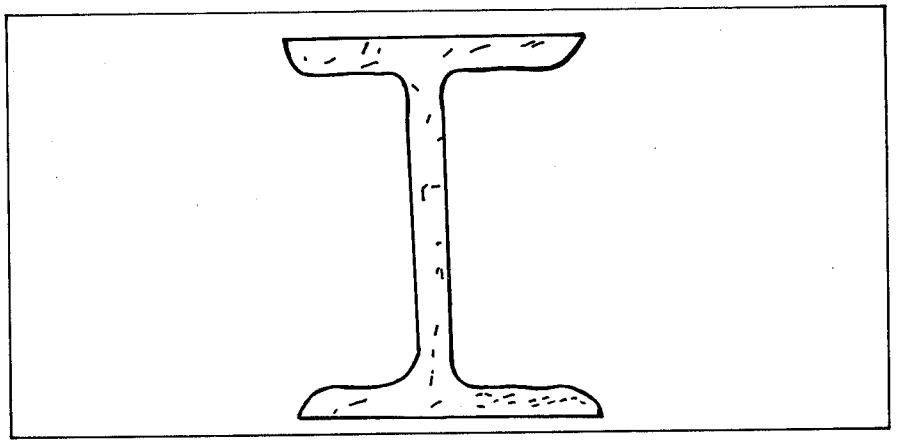
Tersedia DIL no. 10 sampai no. 60. Panjang 4 sampai 15 meter.

DIE (Differdange economique).

Tersedia DIE no. 10 sampai no. 100. Panjang 3 sampai 15 meter.



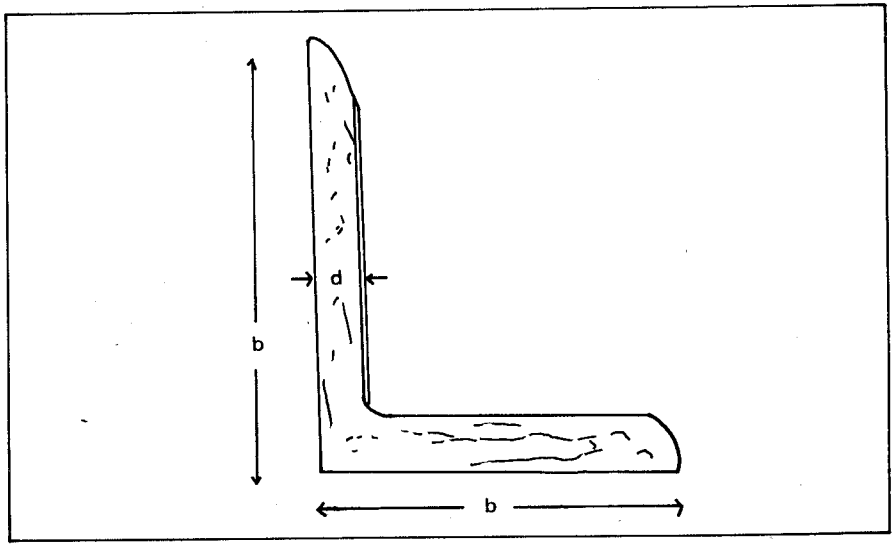
Gambar 7-109 ***Baja kanal.***



Gambar 7-110 ***Baja flendes (flens).***

Baja siku

Ada dua macam baja siku ialah baja siku sama-kaki dan baja siku tidak sama-kaki. Untuk yang tidak sama-kaki, kaki yang lain dinyatakan a. Baja siku sama-kaki terdapat dari ukuran ∠ 15.15.3 sampai ∠ 200.200.20. Dinyatakan dengan ∠ 15.15.3 berarti b = 15 mm dan d = 3 mm. Baja siku tidak sama-kaki terdapat ∠ 20.30.3 sampai ∠ 100.200.18. Dinyatakan dengan ∠ 100.200.18 berarti



Gambar 7-111 ***Baja siku sama-kaki.***

a = 100, b = 200, d = 18. Perlu diingat, sebagai perjanjian bahwa ukuran dalam konstruksi baja selalu dinyatakan dalam ukuran mm (milimeter).

Selain profiel-profiel tersebut di atas ada profiel lain lagi yang kurang digunakan, antara lain : Profiel ½ NP., ½ DIE dan baja profiel T.

Beberapa *keuntungan konstruksi baja* antara lain ialah :

a. Mempunyai berat sendiri yang kecil, karenanya pondasinya menjadi hemat.
b. Mudah diubah, diperkuat, dirombak dan dipindahkan.
c. Ongkos mengerjakan murah.
d. Bisa dikerjakan dan distel di bengkel, sehingga di tempat di mana dibangun/akan didirikan tidak dibutuhkan waktu lama dan tidak begitu banyak membutuhkan tenaga terpelajar.

Beberapa *kerugian konstruksi baja* antara lain ialah :

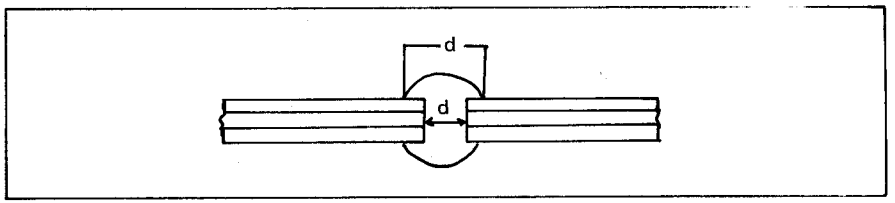
a. Mudah berkarat, karenanya membutuhkan pemeliharaan, misalnya tiap lima tahun sekali konstruksi harus dibersihkan dari karat dan tiap sepuluh tahun sekali konstruksi harus diperbaharui catnya. Baja yang akan dikirim ke pekerjaan, sebelum ke luar dari bengkel sekurang-kurangnya sekali harus sudah dicat dengan meni terlebih dahulu.
b. Mempunyai perlawanan yang sedikit terhadap kebakaran, sungguhpun baja itu tidak dapat dibakar, tetapi baja akan berkurang sifat keteguhannya, sampai seperdua bila mendapat panas sampai 500° C. Karenanya pada konstruksi baja yang mendapat pengaruh api/panas perlu dilapisi dengan bahan anti api. Yang paling baik dilapisi dengan batu merah, dengan specie 1 p.c. : 4 semen merah atau plesteran dengan campuran 1 p.c. : 2 semen koral (semen merah bergaris tengah 1 mm, semen merah koral bergaris tengah 2 mm sampai 10 mm).

Paku Keling

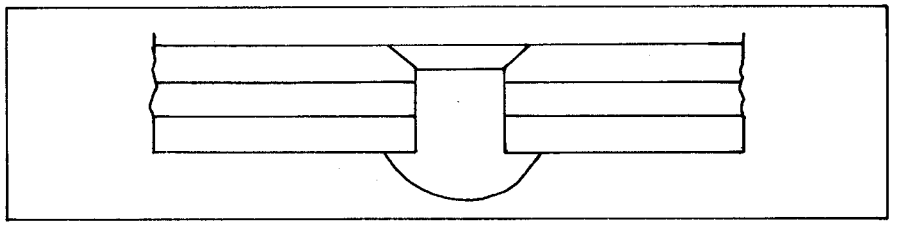
Terdapat dua macam paku-keling, ialah :

1). Paku-keling dengan kepala bulat (Gambar 7-112) dan
2). Paku-keling dengan sebuah atau dua buah kepala terbenam (Gambar 7-113).

Paku keling mempunyai sebuah kepala yang tetap dengan sebuah batang bulat. Kepala tetap ini juga dikatakan kepala penahan, sebab berguna sebagai penahan sewaktu mengeling. Kepala mempunyai D = 1,5 d dan tinggi kepala



Gambar 7-112 *Paku-keling dengan kepala bulat.*



Gambar 7-113 *Paku-keling dengan dua buah kepala terbenam.*

= 0,6 d.

Pekerjaan mengeling selalu dikerjakan diwaktu paku keling dalam keadaan pijar.

Terdapat tiga cara mengerjakan kelingan, yaitu :

1. dengan palu tangan.
2. dengan palu udara tekan/palu pneumatik atau revolver.
3. dengan kempa keling.

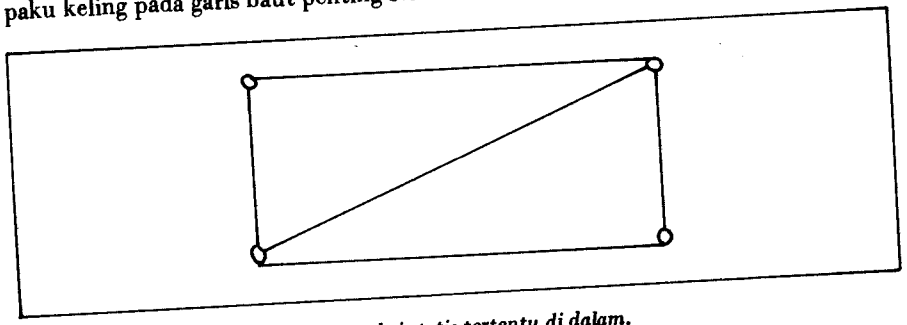
Yang disebut pada 3 adalah yang terbaik, karena penting untuk konstruksi-konstruksi berat. Yang disebut pada 2 cukup untuk konstruksi-konstruksi ringan, sedang yang disebut pada 1 hanya untuk montage.

Umumnya digunakan paku keling bergaris tengah 13, 16, 19, dan 25 mm, dan yang paling banyak bergaris tengah 16 dan 19 mm. Dalam memperhitungkan garis tengah paku, diambil pokok bahwa paku itu harus mengisi lobang seluruhnya, karena paku dihitung menurut garis tengah 13, 17, 20, dan 26 mm. Usahakanlah dalam suatu konstruksi dengan paku-paku yang sama garis tengahnya, setidak-tidaknya tidak berbeda banyak.

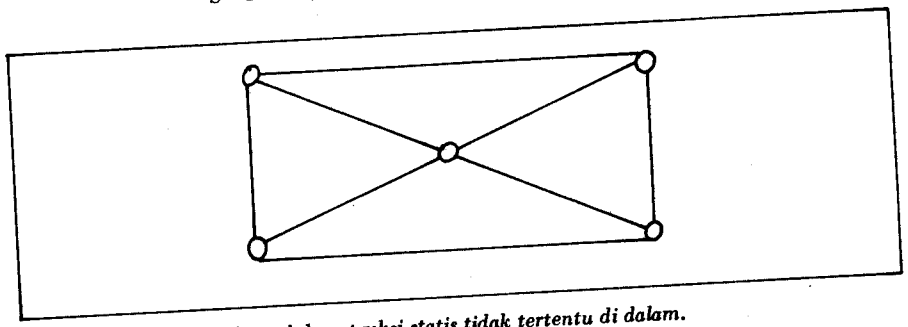
Pekerjaan Rangka

Pekerjaan rangka ialah konstruksi yang dibangunkan dari bentuk segi tiga-segi tiga. Titik di mana batang-batang itu bertemu dinamakan titik pertemuan dan kita pandang sebagai sambungan engsel. Garis yang menghubungkan engsel-engsel disebut sistem. Gaya yang bekerja di dalamnya kita anggap sebagai gaya

normal (tarik atau tekan), pelenturan yang terjadi akibat penempatan paku keling yang tidak pada sistem, kita abaikan (karena kecilnya). Tetapi penempatan paku keling pada garis baut penting sekali.



Gambar 7–144 *Contoh konstruksi statis tertentu di dalam.*
$S = 2n - 3$, *misalnya* $5 = (2 \times 4) - 3$.



Gambar 7-115 *Contoh konstruksi statis tidak tertentu di dalam.*
$S \neq 2n - 3$, *misalnya* $8 \neq (2 \times 5) - 3$.

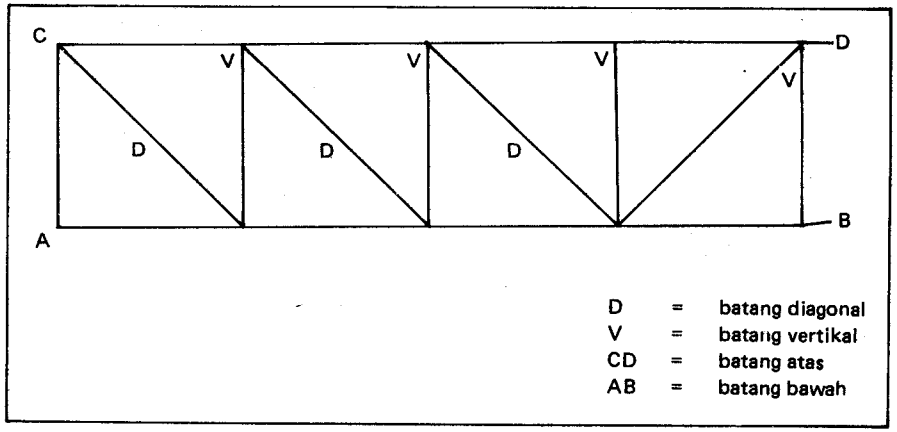
Konstruksi dinamakan statis tertentu di dalam, bila S = 2n – 3 di mana S adalah banyaknya batang, dan n adalah banyaknya titik pertemuan.

Konstruksi rangka selalu diusahakan agar didapatkan statis tertentu di dalam karena perhitungannya akan lebih mudah dikerjakan dengan sistem Ritter, Cullmann atau Cremona.

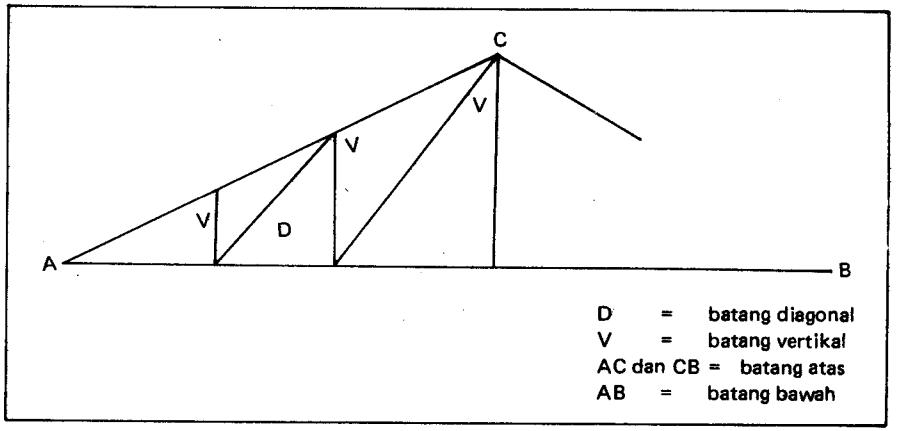
Jarak antara dua vertikal dinamakan lapangan (veld). Untuk konstruksi kuda-kuda, lapangan ditentukan dari panjang gording. Gording-gording ditempatkan di atas titik pertemuan (knooppunt) atau titik simpul, demi penghematan karena pelenturan. Batang bisa hemat kalau yang bekerja adalah gaya normal tanpa memen.

Suatu konstruksi dapat ekonomis apabila batang-batang diagonal mengarah mendekati 45 derajat.

Karena kelemahan pada lobang-lobang paku keling, maka batang-batang tarik untuk pekerjaan rangka diperhitungkan sebagai berikut :



Gambar 7-116 *Jarak diagonal dan vertikal pada konstruksi rangka.*



Gambar 7-117 *Suatu konstruksi rangka*

$$F_n = 0{,}80F_{br}$$

di mana F_n = F netto = F bersih

F

F_{br} = F bruto = F kotor.

sehingga : $S = 0{,}80\ F_{br} \times \sigma_t$ atau $F_{br} = S / 0{,}80\sigma t$

di mana σ_t = tegangan tarik yang diijinkan.

Kalau batang dibebani gaya tekan baru boleh diperhitungkan dengan F_{br} tetapi harus kita perhitungkan juga terhadap tekuk (knik), *sehingga didapatkan:*

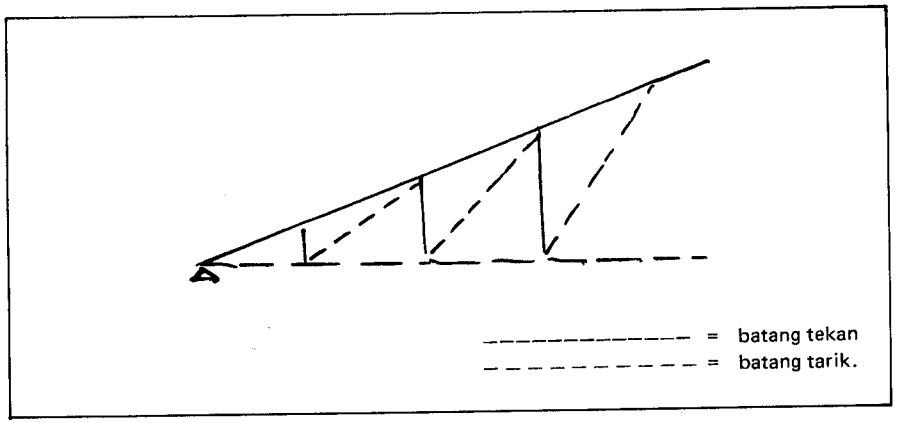
$F_{br} = S / \omega \bar{\sigma}_d$ dimana ω tergantung dari λ

$\bar{\sigma}_d$ = tegangan tekan yang diijinkan $= \bar{\sigma}_t$

Misalnya :

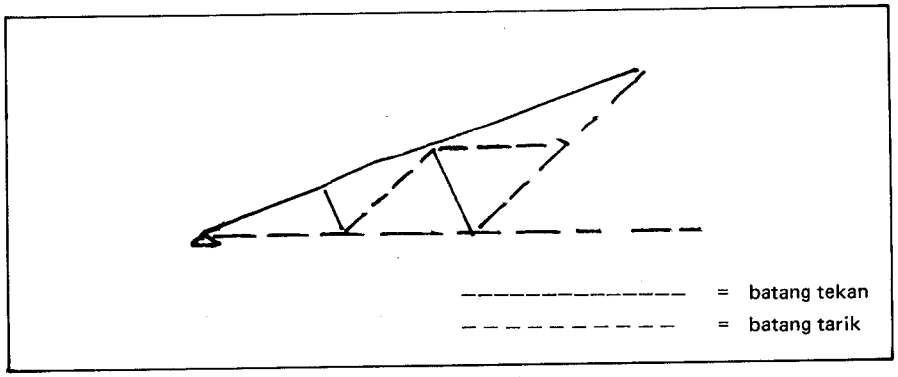
λ = 80 dari buku Daftar Baja halaman 34 (Lampiran 2) didapatkan $\omega = 0.58 \sim 0{,}60$ maka :

$F_{br} = S / 0{,}60\, \bar{\sigma}_d$.

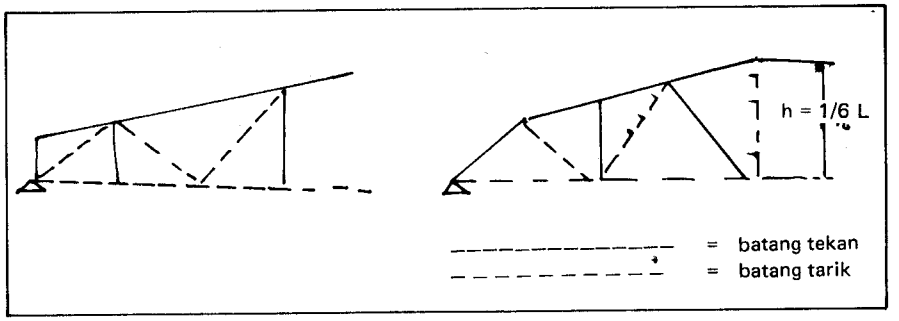


Gambar 7-118 *Bentuk atap yang tidak hemat.*

Untuk atap dengan lereng lebih kecil atau sama dengan 15°, bentuk atap seperti Gambar 7.58 dan 7.59 adalah yang paling hemat (ekonomis).

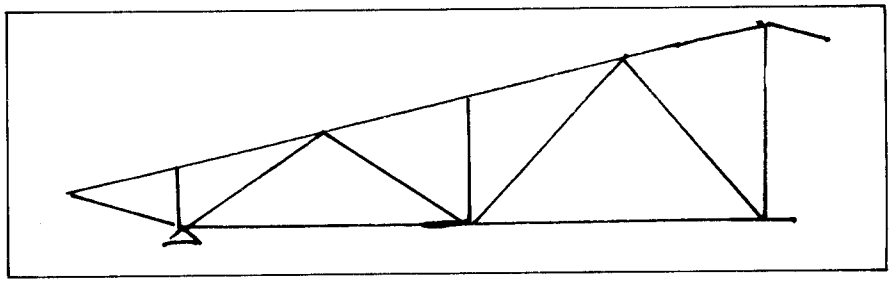


Gambar 7-119 *Bentuk atap yang hemat.*



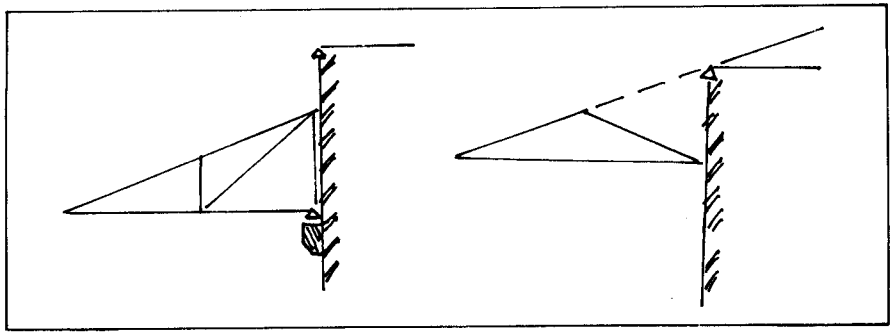
Gambar 7-120 *Dua bentuk atap dengan lereng lebih kecil atau sama dengan 15 derajat, yang ekonomis.*

Bila dibutuhkan emperan dapat ditambahkan bangunan seperti gambar berikut ini :



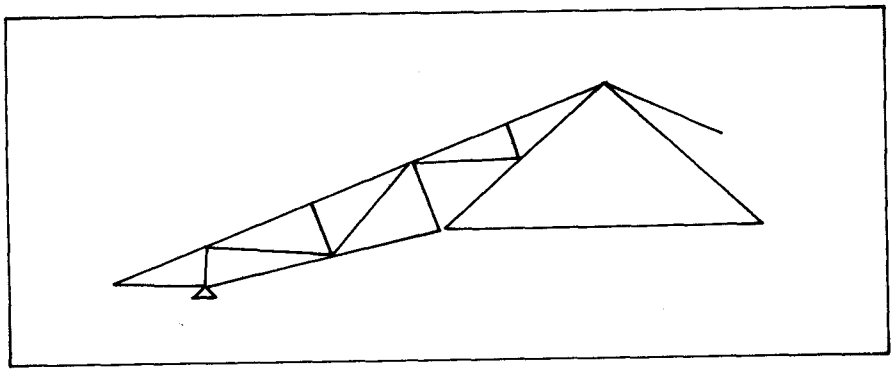
Gambar 7-121 *Tambahan emperan pada bangunan rangka.*

Untuk emperan yang besar bisa juga dibuat bentuk kap, seperti dua buah gambar berikut ini :



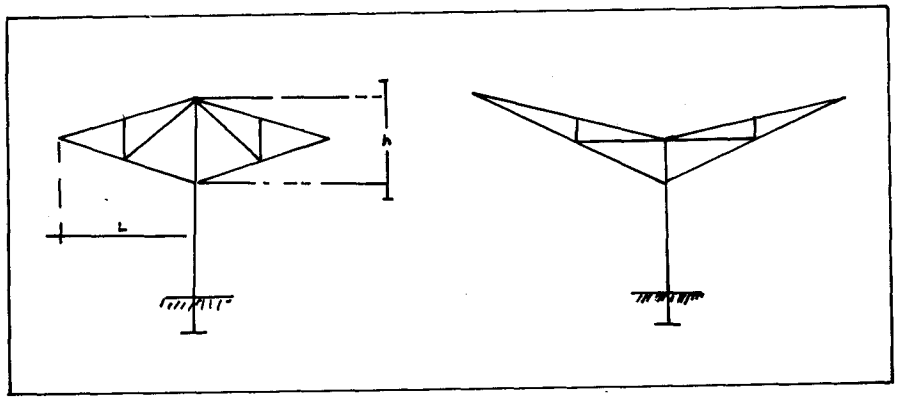
Gambar 7-122 *Dua bentuk kap sebagai tambahan emperan besar pada bangunan rangka.*

Bentuk kuda-kuda dapat bermacam-macam, salah satu bentuk adalah seperti terlihat pada gambar berikut ini :



Gambar 7-123 *Sebuah bentuk kuda-kuda.*

Demikian juga bentuk atap dapat bermacam-macam, dua bentuk atap yang berikut adalah yang dinamakan bentuk payung (Gambar 7-124a dan 7-124b). Bentuk atap ini banyak digunakan untuk pasar-pasar, peron, dan kios-kios.



Gambar 7-124 *Dua buah bentuk atap yang dinamakan bentuk payung.*

Pemilihan profil tergantung konstruksi dari pada sambungan-sambungannya, apakah dibaut, dikeling, atau dilas. Untuk konstruksi yang dikeling atau dibaut biasa dipergunakan pertolongan lasplaat atau pelat pengikat atau pelat simpul. Jarak antara dua profil yang digunakan sama dengan tebalnya lasplaat. Untuk sambungan dengan keling atau baut sebaiknya digunakan pelat rangkap, untuk mencegah sambungan menjadi eksentrik.

Sesuai dengan kebutuhan, pelat simpul diambil dengan tebal minimum 0,8 cm. Untuk konstruksi yang kurang penting bisa diambil 6 mm. Pada konstruksi yang besar seperti jembatan, biasa digunakan dua buah pelat pengikat.

Macam baja konstruksi normal rata-rata mempunyai nilai untuk tegangan tarik, tekan dan lentur 1400 kg/cm^2.

Tegangan yang diijinkan

Untuk baja konstruksi normal :

tarikan = $\bar{\sigma}t$
lenturan = $\bar{\sigma}b$
geseran = $\bar{\sigma} = 0{,}6\,\bar{\sigma}t$
tekuk = $\bar{\sigma}s = 2\,\bar{\sigma}t$

Untuk baja paku keling :

tarikan = $0{,}8\ \bar{\sigma}t$
geseran = $\bar{\sigma} = 0{,}8\,\bar{\sigma}t$
tekuk = $\bar{\sigma}s = 2\,\bar{\sigma}t$

Baut sekerup hitam :

tarikan = $0{,}6\,\bar{\sigma}t$
geseran = $\bar{\sigma} = 0{,}6\,\bar{\sigma}t$
tekuk = $\bar{\sigma}s = 1{,}5\,\bar{\sigma}t$

Sambungan di mana paku-paku atau baut-baut tidak sama berat dimuati.

Gambar 7-125 memperlihatkan sebuah konsol yang dipasang pada profiel INP dengan mempergunakan 10 baut dengan suatu gaya yang bekerja = P. Karena P terdapatlah momen luar sebesar P x L. Momen luar P x L ini harus dapat ditahan oleh 10 buah baut. Karenanya pada baut harus terjadi momen dalam yang dapat mengatur momen luar sebesar P x L.

Ambillah sumbu x-x pada baut yang terdapat paling bawah (tambahan tekanan di bawah x-x diabaikan).

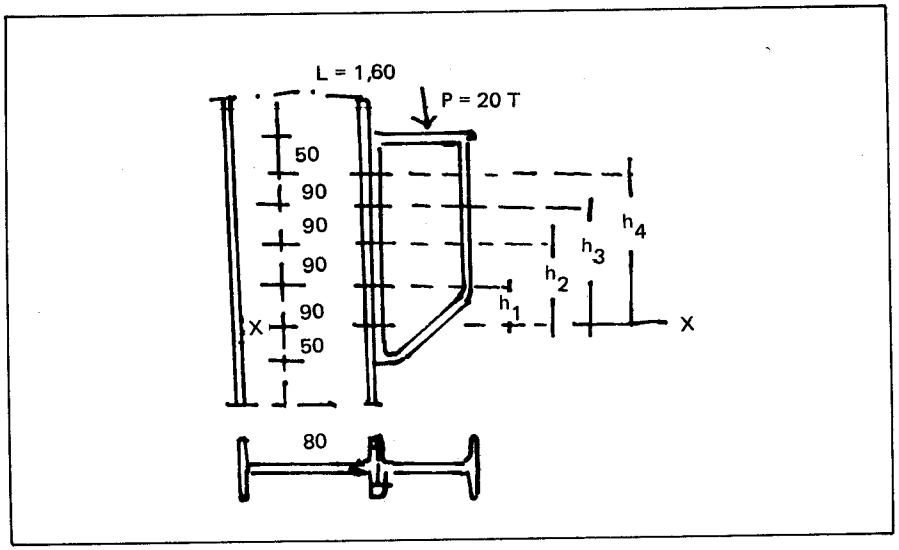
Ix dari baut-baut = $\Sigma\ fh^2 = 2f\,(h_1^2 + h_2^2 + h_3^2 + h_4^2)$. f = satu penampang baut. Momen tahanan baut paling atas = Momen kelembaman dibagi oleh jarak terluar dari baut-baut sampai sumbu x-x

$$Wx = Ix : h_4 = \left\{ 2\,f\,x\,(h_1^2 + h_2^2 + h_3^2 + h_4^2) \right\} h_4$$

Tegangan tarik dalam baut-baut terakhir :

$$\bar{\sigma}t \text{ maksimum} = Mx/Wx = (Mh_4) / \left\{ 2f\,(h_1^2 + h_2^2 + h_3^2 + h_4^2) \right\}$$

Gaya tarik dalam baut-baut terakhir ialah :



Gambar 7-125 *Sebuah konsol yang dipasang pada batang profil I NP.*

$$T \text{ maksimum} = \bar{\sigma} t \text{ msk} \times f = \frac{(Mh)}{2 (h_1^2 + h_2^2 + h_3^2 + h_4^2)}$$

Selain dari tarikan baut-baut juga dibebani atas geseran oleh beban P dan berat sendiri dari konsol, karenanya pada baut bekerja tegangan tarik dan tegangan geser. Dari kedua tegangan itu dapat ditentukan tegangan utama (h) :

$$\bar{\sigma} h = \tfrac{1}{2}\bar{\sigma} t + \tfrac{1}{2} V \bar{\sigma} t^2 + 4 \delta^2$$

Tegangan utama tidak boleh lebih besar dari pada tegangan tarik atau geser yang diijinkan untuk baut-baut (= 0,6 δ t).

Pada tarikan diperhitungkan penampang teras (yang terlemah) sedang pada geser diperhitungkan penampang penuh (ulir sekerup tidak sampai kepada bidang pemisah antara konsol dan kolom).

Pada Gambar 7-64 terlukis suatu kolom I NP 42,5 di mana dipasangkan sebuah baut bergaris tengah l'' = 10 biji. P = 20 ton sejarak 16 cm dari profil I NP 42,5. Periksalah tegangan-tegangan yang timbul dalam baut-baut :

$$\delta t = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

Momen luar = P x L = 20.000 x 16 = 320.000 kg cm.
Penampang teras sebuah baut bergaris tengah l'' = 3,75 cm² (tabel).

δ_t pada ulir maksimum :

$$\frac{320.000 \times 36}{2 \times 3{,}75 (9^2 + 18^2 + 27^2 + 36^2)} =$$

663 kg/cm² lebih kecil dari 840 kg/cm².

Pada bidang pemisah :

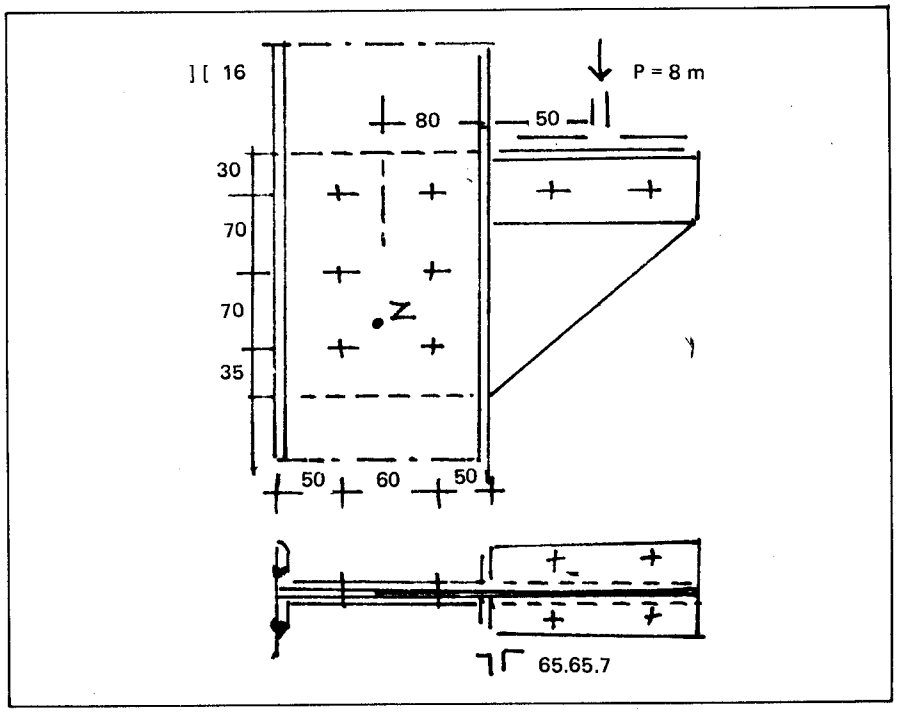
Luas penampang penuh bergaris tengah l'' = 5,07 cm² (¼ x π x l²).

δ_t maksimum =

$$\frac{320.000 \times 36}{2 \times 5{,}07 (9^2 + 18^2 + 27^2 + 36^2)} = 470 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan geser terbagi rata pada 10 baut.

$$\bar{\sigma} = \frac{20000}{(10 \times 5{,}07)} = 397 \text{ kg/cm}^2$$



Gambar 7-126 *Konstruksi sebuah konsol.*

$\delta n = 470/2 + 470^2 + 4 \times 397^2 = 696$ kg/cm^2 lebih kecil dari 840 kg/cm^2.

Bila konsol yang dimaksud mempunyai konstruksi seperti Gambar 7-126 maka akibat momen luar yang bekerja pada konsol, akan timbullah perputaran sambungan sekeliling titik berat keenam paku ialah titik – z.

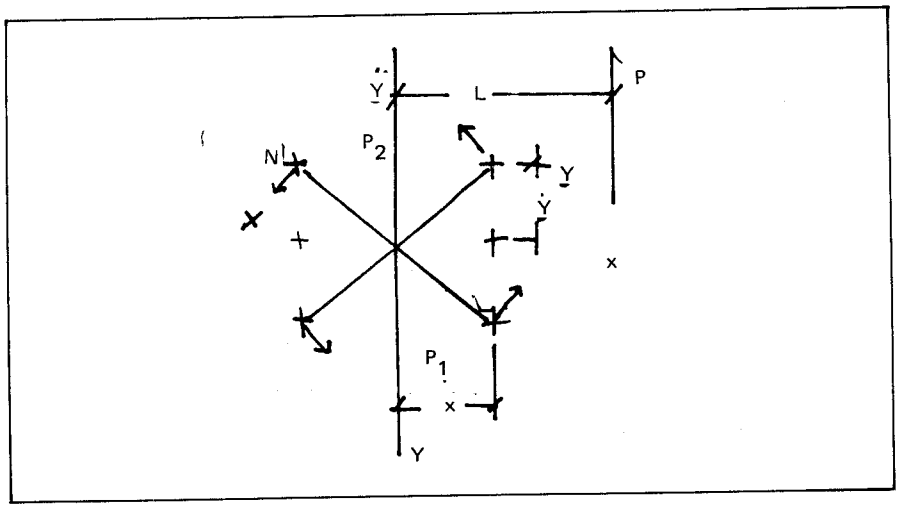
Bila suatu momen bekerja dalam bidang penampang maka tegangan-tegangan dalam bidang itu harus diperhitungkan dengan pertolongan momen kelembaman poler (kutub). Kutub untuk momen kelembaman ialah titik berat dari penampang-penampang paku, titik potong dari sumbu - x dan sumbu - y ialah titik - oz (Gambar 7-127).

Kopel P – P_1 membentuk momen yang bekerja pada sambungan, dan gaya P_2 ialah gaya melintang. Oleh karena P_2 melalui titik berat, maka P_2 diterima oleh keenam paku. Momen yang bekerja pada sambungan ialah gaya P kali jarak dari P sampai titik berat – z (M = P x L).

Momen kelembaman poler adalah :

$Ip = Ix + Iy$
$Ix = \Sigma Fy^2$ dan $Iy = \Sigma Fx^2$
$Ip = \Sigma Fx^2 + \Sigma Fy^2$ atau $f \Sigma (x^2 + y^2)$
$Ip = (6x^2 + 4y^2)$.

Tegangan pada paku jarak L cm dari z adalah :



Gambar 7-127 ***Kutub untuk momen kelembaman.***

δ L cm = M/Ip atau

$$\frac{M}{f \Sigma (x^2 + y^2)}$$

Gaya paku pada jarak L cm dari z ialah :

NL cm = f δ L cm =

$$\frac{M}{\Sigma (x^2 + y^2)}$$

Tegangan maupun gaya paku N adalah berbanding lurus dengan jarak x sampai z. Paku yang letaknya terjauh dari z, mendapat beban yang terbesar, gaya paku yang terbesar dapat diperhitungkan jika kita memperbanyak NL cm.

Bila jarak terjauh kita umpamakan = r maka :

N maksimum = FNL cm x r =

$$\frac{M_2}{f \Sigma (x^2 + y^2)}$$

N maksimum sesungguhnya bekerja tegak lurus pada garis penghubung paku dengan z, secara perhitungan analisis N mudah kita uraikan menjadi N horisontal (Nh) dan N vertikal (Nv). Nv di sampingnya timbul akibat M timbul juga Nv akibat gaya lintang ini harus sama dengan atau lebih kecil dari pada yang bisa diterima tiap paku.

N maksimum = $\sqrt{Nh^2 + Nv^2}$.

Konsol dari Gambar 7-126 diberi beban dengan p = 8 ton yang bekerja pada jarak 5 cm dari kolom. Periksalah apakah sambungannya cukup kuat.

$Ix = 4f \times 7^2 = 196\,f$
$Iy = 6f \times 3^2 = 54\,f.$
$Ip = Ix + Iy = 250\,f$
Momen = 800 x (5 + 8) = 8000 x 13 = 104000 kg.cm.

Gaya paku terluar kita uraikan menjadi Nh dan Nv. Karena M.

Gaya mendatar Nh = (8000 x 13 x 7) : 270 = 2910 kg.
Gaya tegak lurus Nv = (8000 x 13 x 3) : 250 = 1250 kg.
Karena gaya lintang Nv = 8000 : 6 = 1333 kg.
Nv seluruhnya = 1250 + 1333 = 2583 kg.
N maksimum = $\sqrt{2910^2 + 2583^2}$ = 3880 kg.

Garis tengah paku 17 mm lebih kecil dari 1,6 x 12 = 19,2 mm sehingga harus diperhitungkan terhadap geser-nya.

Tiap paku bisa menahan gaya sebesar :

$$\frac{\pi \times 1{,}7^2}{4} \times 1120 = 5080 \text{ kg lebih besar dari 5880 kg.}$$

2. DASAR-DASAR PERHITUNGAN KONSTRUKSI BAJA

CONTOH SOAL 1 :

Suatu batang rangka dibebani dengan gaya tarik 14 ton. Profil harus dibuat dari baja siku rangkap (dua buah) ; δ t = 1200 kg/cm^2. Garis tengah p.k. = 17 mm. Boleh digunakan rumus empiris (praktek) : $F_{br} = 1{,}15\ F_n$.

Perhitungan :

Diperlukan :

F_n = 14000 : 1200 = 11,66 cm^2.
F_{br} = 1,15 x 11,66 = 13,4 cm^2.
F baja siku = 13,4 : 2 = 6,7 cm^2, jadi dipakai
$\angle$ 60.60.6 (Lampiran 4).
F_{br} yang ada = 2 x 6,91 = 13,92 cm^2

Perlemahan p.k.

2 x 1,7 x 0,6 = 2,04 cm^2 (dua profil).

Jadi Fnetto

13,82 – 2,04 = 11,78 cm^2

δ = 14000 / 11,78 = 1190 kg/cm^2 lebih dari 1200 kg/cm^2.

Berarti profil yang dipilih baik.

CONTOH SOAL 2 :

Diketahui S = 10 ton, δt = 1400 kg/cm^2, garis tengah p.k. = 20 mm, tebal lasplaat = 10 mm.

Ditanyakan :

a. Profil digunakan bila dipakai profil tunggal (momen diabaikan).
b. Besar tegangan dalam profil kalau momennya diperhitungkan.

Perhitungan :

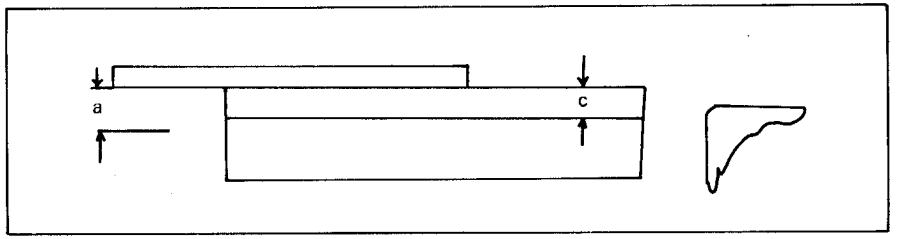
a. F_{br} = 1,15 x (10000 : 1400) = 8,21 cm^2

Dipilih $\angle$ 65.65.7 (Lampiran 3), F_{br} = 8,70 cm^2
Perlemahan p.k. = 2 x 0,7 = 1,40 cm^2
Fnetto = 7,30 cm^2

δ]
δt = 10000 : 7,30 kg/cm^2 lebih kecil dari 1400 kg/cm^2

b. Jarak eksentrik a = 1,85 + 0,5 = 2,35 cm (a = e + δ /2). Penjelasan mengenai jarak eksentrik dapat dilihat di Gambar 7.68. M = S x (a : 2) = 10000 x (2,35 : 2) = 11750 kgcm.

Tegangan tarik yang diabaikan oleh momen adalah : Fe/I = (11750 x 1,85): 33,4 = 650 kg/cm^2. Tegangan tarik yang diabaikan oleh gaya normal = 1370 kg/cm^2. Jumlah tegangan tarik = 2020 kg/cm^2.



Gambar 7-128 *Jarak eksentrik.*

CONTOH SOAL 3 :

Tentukanlah profil untuk suatu kolom yang panjangnya 3,30 m dengan suatu beban 90 ton, $\bar{\sigma}$ = 1400 kg/cm^2.

Perhitungan :

I minimum = 1,93 PL^2 = 1,93 x 90 x 3,30^2 = 1890 cm^4.
Pilih I DIN 20 dengan Iy = 2140 cm^4. (Lampiran 5).

i minimum = iy = 5,10 cm,

jadi

$\lambda = \frac{L}{i \text{ min}}$ = 3,30 : 5,1 = 65 < 93,4 (daerah tidak kenyal,

sehingga :

ω = 1,466 (dari Daftar Baja).

Sebagai perhitungan kontrol dapat dilakukan :

P = (F x δ) / ω = (8,27 x 1400) : 1,466 = 79 ton, lebih kecil dari 90 ton, sehingga taksiran perlu diperbesar.

Ambil I DIN 22.

i minimum = iy = 5,6 cm, jadi λ = 3,30 : 5,6 = 59

sehingga

= 1,357 (daftar) . P – (91 x 1,400) : 1,357 = 94 ton, lebih besar dari 90 ton.

Jadi taksiran I DIN 22 dapat dipakai.

LAMPIRAN 1 **Klasifikasi klas awet, klas kuat dan berat jenis 120 jenis kayu Indonesia.**

No.	Jenis kayu	B.J. rata-rata	Klas awet	Klas kuat
1.	Agathis	0,49	IV	III
2.	Ampupu	0,89	III – II	II – I
3.	Bakau	0,94	III	I – II
4.	Balau	0,98	I	I – II
5.	Balsa	–	V	V
6.	Bayur	0,52	IV	II – III
7.	Bangkirai	0,91	I – II – III	I – II
9.	Bedaru	1,04	I	I
10.	Belangeran	0,86	II – I – III	I – II
11.	Benuang laki	0,39	IV – V	IV – V
12.	Berumbung	0,85	II	II – I
13.	Bintangur	0,78	III	II – III
14.	Bongin	1,02	III	I
15.	Bugis, K.	0,80	III – IV	II – III
16.	Bungur	0,80	II – III	I – II
17.	Cemara	–	II – III	I – II
18.	Cempaga	0,71	II – III	II
19.	Cempaka	–	II	III – IV
20.	Cendana	0,84	II	II – I
21.	Cengal	0,70	II – III	II – III
22.	Dahu	0,58	IV	III – IV
23.	Durian	0,64	IV – V	II – III
24.	Embony	1,05	I	I
25.	Gadog	0,75	III – III	II – III – I
26.	Gelam	–	III	II
27.	Gerunggang	0,47	IV	III – IV
28.	Gia	0,91	I – IV	I – II
29.	Giam	0,99	I	I
30.	Gisol	0,83	II – III	II – I
31.	Gofasa	0,74	II – III	II – III
32.	Jabon	0,42	V	III – IV
33.	Jangkang	0,63	IV – V	III – II

Lampiran 1 ..... Lanjutan

No.	Jenis kayu	B.J. rata-rata	Klas awet	Klas kuat
34.	Jati	0,70	I – II	II
35.	Jelutung	0,40	V	III – V
36.	Jeungjing	0,33	IV – V	IV – V
37.	Johar	0,84	I – II	II – I
38.	Kapuk hutan	0,30	V	IV – V
39.	Kapur	0,81	II – III	II – I
40.	Kedemba	0,48	IV	III
41.	Kemenyan	0,57	IV – V	III – II
42.	Kemiri	0,31	V	IV – V
43.	Kempas	0,95	III – IV	I – II
44.	Kenanga	0,33	V	IV – V
45.	Kenari	0,55	IV	III
46.	Keruing	0,79	III	I – II
47.	Keranji	0,98	I	I – II
48.	Kesambi	1,01	III	I
49.	Ketapang	–	III – V	II – III
50.	Kolaka	0,96	III	I
51.	Kuku	0,87	II	I
52.	Kulim	0,94	I – II	I
53.	Kupang	–	II – IV	II – III
54.	Lara	1,15	I	I
55.	Lasi	0,81	II	II
56.	Lada	0,57	IV – V – II	II – II – IV
57.	Mahang	–	IV – V	II – IV
58.	Mahoni	0,64	III	II – III
59.	Mlas, K.	1,04	II – III	I
60.	Matoa	0,77	III – IV	II – I – III
61.	Medang	–	II – V	II – V
62.	Melur	0,52	IV	II – IV
63.	Membacang	–	II – V	II – III
64.	Mendarahan	–	V	II – IV
65.	Menjalin	–	V	I – III
66.	Mensira gunung	0,61	V	II – III
67.	Mentibu	0,53	IV – V	III

Lampiran 1 ..... Lanjutan

No.	Jenis kayu	B.J. rata-rata	Klas awet	Klas kuat
68.	Merambung	0,38	V	IV
69.	Meranti merah	0,55	II – IV	II – IV
70.	Meranti putih	0,54	III – IV	II – IV
71.	Merawan	0,70	II – III	II – III
72.	Merbau	0,80	I – II	I – II
73.	Merpayang	0,65	V	II – III
74.	Mersawa	0,46	IV	II – III
75.	Nyatoh	0,67	II – III	II – I – II
76.	Nyirih	–	II – III	II
77.	Pasang	–	II – IV	I – III
78.	Patin, K.	0,92	I	I – II
79.	Pelawan	–	I – II	I
80.	Perapat darat	0,76	III	II
81.	Perapat laut	0,78	II – III	II – I
82.	Perupuk	0,56	IV – V	II – III
83.	Petaling	0,91	I – II	I – II
84.	Petanang	0,75	III	II
85.	Pilang	0,79	III	II
86.	Pimping	–	III – V	I – IV
87.	Pinang, K.	0,66	III – IV	II – III
88.	Pulai	0,46	III – V	IV – V
89.	Punak	0,76	III – IV	II
90.	Puspa	–	III	II
91.	Putat	–	II – III	I – II
92.	Ramin	0,63	IV	II – III
93.	Rasamala	0,81	II – III	II
94.	Rengas	0,69	II	II
95.	Resak	0,70	III	II
96.	Salimuli	0,64	I – II	II – III
97.	Sampang	–	V	III – IV
98.	Saninten	0,76	III	II
99.	Sawokecik	1,03	I	I
100.	Sendok-sendok	0,45	V	III – II
101.	Simpur	–	III – V	I – III

Lampiran 1 ..... Lanjutan

No.	Jenis kayu	B.J. rata-rata	Klas awet	Klas kuat
102.	Sindur	–	II – V	II – III
103.	Sonokeling	0,90	I	II
104.	Sonokembang	0,65	II – I – II	II – I – II
105.	Sungkai	0,63	III	II – III
106.	Surian	–	III – V	III – IV
107.	Suriambawang	0,60	II – IV	II – III
108.	Tanjung	1,00	I – II	I
109.	Tembesu	0,81	I	II
110.	Tempinis	1,01	I	I
111.	Tepis	–	IV – V	II – IV
112.	Teraling	0,75	II – IV	II
113.	Terap	0,44	III – V	III – V
114.	Terentang	0,40	IV	III – IV
115.	Trembesi	0,61	IV	III
116.	Tualang	0,83	III – IV	II – I – II
117.	Tusam	0,55	IV	III
118.	Ulin	1,04	I	I
119.	Walikukun	0,98	II	I
120.	Waru	0,77	II	II – I

LAMPIRAN 2 **Kofisen tegangan-tekan α menurut N 1055 untuk BD. 37 (BD. 00) dan BD. 44 untuk batang-batang baja yang ditekan (tekuk).**

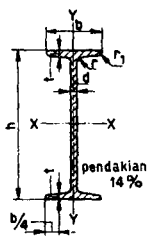
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	1,000	0,992	0,984	0,975	0,967	0,959	0,951	0,942	0,934	0,926
40	0,918	0,909	0,901	0,893	0,885	0,876	0,868	0,860	0,852	0,843
50	0,835	0,827	0,819	0,810	0,802	0,794	0,786	0,777	0,769	0,761
60	0,753	0,744	0,736	0,728	0,720	0,711	0,703	0,695	0,687	0,678
70	0,670	0,662	0,654	0,645	0,637	0,629	0,621	0,612	0,604	0,596
80	0,588	0,580	0,571	0,563	0,555	0,547	0,538	0,530	0,522	0,514
90	0,505	0,497	0,489	0,481	0,472	0,464	0,456	0,448	0,439	0,431
100	0,423	0,415	0,407	0,399	0,391	0,384	0,377	0,370	0,363	0,356
110	0,350	0,343	0,337	0,331	0,325	0,320	0,314	0,309	0,304	0,299
120	0,294	0,289	0,284	0,280	0,275	0,271	0,266	0,262	0,258	0,254
130	0,250	0,246	0,243	0,239	0,236	0,232	0,229	0,225	0,222	0,219
140	0,216	0,213	0,210	0,207	0,204	0,201	0,198	0,196	0,193	0,191
150	0,188	0,186	0,183	0,181	0,178	0,176	0,174	0,172	0,169	0,167
160	0,165	0,163	0,161	0,159	0,157	0,155	0,154	0,152	0,150	0,148
170	0,146	0,145	0,143	0,141	0,140	0,138	0,137	0,135	0,134	0,132
180	0,131	0,129	0,128	0,126	0,125	0,124	0,122	0,121	0,120	0,118
190	0,117	0,116	0,115	0,114	0,112	0,111	0,110	0,109	0,108	0,107
200	0,106	0,104	0,103	0,102	0,101	0,100	0,099	0,099	0,098	0,097

Untuk kerampingan-kerampingan yang lebih besar, maka dapat dipergunakan rumus Euler:

$$P = \frac{\pi^2 EI,}{\nu L_k^2}$$

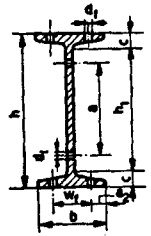
di mana ν = 3,5 untuk tegangan pokok dari 1400 kg/cm² dan ν = 3,04 untuk tegangan pokok dari 1610 kg/cm²

LAMPIRAN 3. Baja I ; panjang biasa : 15 m.



F = penampang
I = momen kelambatan
W = momen tahanan
i = jari-jari kelambatan = $\sqrt{\frac{I}{F}}$
S_x = momen statis dari separuh penampang terhadap sumbu-X

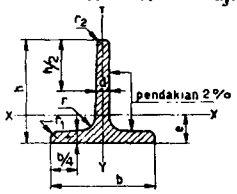
k = kofisen profil = $\frac{F^2}{I} = \frac{F}{i^2}$
rk_x = jari-jari teras terhadap sumbu-X = $\frac{W_x}{F}$
h_1 = tinggi pelat penyambung (las)
d_l = garis tengah lubang badan
w_f = ukuran-ukuran gores flens
d_f = garis tengah lubang flens



I	ukuran² dalam mm					Penampang F dalam cm²		berat kg/m	sumbu-lentur X—X					
	h	b	$d=r$	t	r_1	prof.	badan		I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	S_x cm³	r_{kx} cm	k_x
8	80	42	3,9	5,9	2,3	7,6	2,6	5,95	77,8	19,5	3,20	11,4	2,57	0,745
10	100	50	4,5	6,8	2,7	10,6	3,8	8,32	171	34,2	4,01	19,9	3,23	0,658
12	120	58	5,1	7,7	3,1	14,2	5,2	11,2	328	54,7	4,81	31,8	3,85	0,615
14	140	66	5,7	8,6	3,4	18,3	6,9	14,4	573	81,9	5,61	47,7	4,48	0,580
16	160	74	6,3	9,5	3,8	22,8	8,8	17,9	935	117	6,40	68,0	5,13	0,565
18	180	82	6,9	10,4	4,1	27,9	10,9	21,9	1 450	161	7,20	93,4	5,77	0,535
20	200	90	7,5	11,3	4,5	33,5	13,1	26,3	2 140	214	8,00	125	6,39	0,525
22	220	98	8,1	12,2	4,9	39,6	15,6	31,1	3 060	278	8,80	162	7,02	0,510
24	240	106	8,7	13,1	5,2	46,1	18,3	36,2	4 250	354	9,59	206	7,68	0,500
26	260	113	9,4	14,1	5,6	53,4	21,6	41,9	5 740	442	10,4	257	8,28	0,500
28	280	119	10,1	15,2	6,1	61,1	24,9	48,0	7 590	542	11,1	316	8,87	0,490
30	300	125	10,8	16,2	6,5	69,1	28,7	54,2	9 800	653	11,9	381	9,45	0,485
32	320	131	11,5	17,3	6,9	77,8	32,4	61,1	12 510	782	12,7	457	10,1	0,485
34	340	137	12,2	18,3	7,3	86,8	36,6	68,1	15 700	923	13,5	540	10,6	0,480
36	360	143	13,0	19,5	7,8	97,1	41,3	76,2	19 610	1090	14,2	638	11,2	0,480
38	380	149	13,7	20,5	8,2	107	46,0	84,0	24 010	1260	15,0	741	11,8	0,475
40	400	155	14,4	21,6	8,6	118	51,0	92,6	29 210	1460	15,7	857	12,4	0,475
42½	425	163	15,3	23,0	9,2	132	57,0	104	36 970	1740	16,7	1020	13,2	0,470
45	450	170	16,2	24,3	9,7	147	64,4	115	45 850	2040	17,7	1200	13,9	0,470
47½	475	178	17,1	25,6	10,3	163	71,8	128	56 480	2380	18,6	1400	14,6	0,470
50	500	185	18,0	27,0	10,8	180	80,0	141	68 740	2750	19,6	1620	15,3	0,470
55	550	200	19,0	30,0	11,9	213	93,0	167	99 180	3610	21,6	2120	16,9	0,455
60	600	215	21,6	32,4	13,0	254	114,6	199	139 000	4630	23,4	2730	18,2	0,465

I	sumbu-lentur Y—Y				tinggi pelat penjambung h_1 dan ukuran²-gores a dalam mm pada garistengah lubang badan d_l							flens		luas bidang cat	
	I_y cm⁴	W_y cm³	i_y cm	k_y	c mm	h_1 mm	17 mm	20 mm	23 mm	26 mm	29 mm	w_f mm	d_f mm	F_m m²/m¹	F_t m²/t
8	6,29	3,00	0,91	9,13	10,5	59	—	—	—	—	—	22	—	0,304	51,1
10	12,2	4,88	1,07	9,21	12,5	75	—	—	—	—	—	26	—	0,370	44,5
12	21,5	7,41	1,23	9,38	14,0	92	—	—	—	—	—	30	—	0,439	39,2
14	35,2	10,7	1,40	9,51	15,5	109	60	—	—	—	—	34	11	0,502	34,9
16	54,7	14,8	1,55	9,50	17,5	125	70	60	—	—	—	38	14	0,575	32,1
18	81,3	19,8	1,71	9,57	19,0	142	90	80	70	—	—	44	14	0,640	29,2
20	117	26,0	1,87	9,59	20,5	159	110	100	90	80	—	46	17	0,709	27,0
22	162	33,1	2,02	9,68	22,5	175	120	110	100	90	—	52	17	0,775	24,9
24	221	41,7	2,20	9,62	24,0	192	140	130	120	110	100	56	17	0,844	23,3
26	288	51,0	2,32	9,90	26,0	208	160	150	140	130	120	58	20	0,906	21,6
28	364	61,2	2,45	10,3	27,5	225	170	160	150	140	130	62	20	0,966	20,1
30	451	72,2	2,56	10,6	29,5	241	190	180	170	160	150	64	20	1,030	19,0
32	555	84,7	2,67	10,9	31,5	257	200	190	180	170	160	70	20	1,09	17,9
34	674	98,4	2,80	11,2	33,0	274	220	210	200	190	180	74	20	1,15	16,9
36	818	114	2,90	11,5	35,0	290	240	230	220	210	200	74	23	1,21	16,9
38	975	131	3,02	11,7	37,0	306	250	240	230	220	210	80	23	1,27	16,1
40	1160	149	3,13	12,0	38,5	323	270	260	250	240	230	84	23	1,33	14,4
42½	1440	176	3,30	12,1	41,0	343	290	280	270	260	250	86	26	1,41	13,8
45	1730	203	3,43	12,5	43,5	363	310	300	290	280	270	92	26	1,48	13,9
47½	2090	235	3,60	12,7	45,5	384	330	320	310	300	290	96	26	1,55	13,1
50	2480	268	3,72	13,1	48,0	404	350	340	330	320	310	100	26	1,63	11,5
55	3490	349	4,02	13,0	53,0	444	390	380	370	360	350	110	26	1,80	10,8
60	4670	434	4,30	13,8	57,5	485	430	420	410	400	390	120	26	1,97	9,47

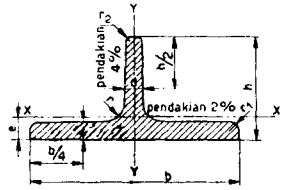
LAMPIRAN 4. Baja Siku-siku Samakaki. panjang biasa 3 : 15 m.



F = penampang
I = momen kelambatan
W = momen tahanan
i = jari-jari kelambatan = $\sqrt{\frac{I}{F}}$

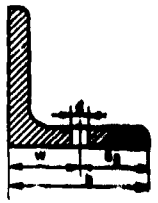
T	ukuran¹ mm					F cm²	berat kg/m	e cm	sumbu-lentur X—X			sumbu-lentur Y—Y		
	$b=h$	$d=t$	r	r_2	r_1				I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	I_y cm⁴	W_y cm³	i_y cm
1½	15	3	3	1,5	1	0,82	0,65	0,46	0,15	0,14	0,43	0,08	0,11	0,32
2	20	3	3	1,5	1	1,12	0,88	0,58	0,38	0,27	0,58	0,20	0,20	0,42
2½	25	3,5	3,5	2	1	1,64	1,29	0,73	0,87	0,49	0,73	0,43	0,34	0,51
3	30	4	4	2	1	2,26	1,77	0,85	1,72	0,80	0,87	0,87	0,58	0,62
3½	35	4,5	4,5	2,5	1	2,97	2,33	0,99	3,10	1,23	1,04	1,57	0,90	0,73
4	40	5	5	2,5	1	3,77	2,96	1,12	5,28	1,84	1,18	2,58	1,29	0,83
4½	45	5,5	5,5	3	1,5	4,67	3,67	1,26	8,13	2,51	1,32	4,01	1,78	0,93
5	50	6	6	3	1,5	5,66	4,44	1,39	12,1	3,36	1,46	6,06	2,42	1,03
6	60	7	7	3,5	2	7,94	6,23	1,66	23,8	5,48	1,73	12,2	4,07	1,24
7	70	8	8	4	2	10,6	8,32	1,94	44,5	8,79	2,05	22,1	6,32	1,44
8	80	9	9	4,5	2	13,6	10,7	2,22	73,7	12,8	2,33	37,0	9,25	1,65
9	90	10	10	5	2,5	17,1	13,4	2,48	119	18,2	2,64	58,5	13,0	1,85
10	100	11	11	5,5	3	20,9	16,4	2,74	179	24,6	2,92	88,3	17,7	2,05
12	120	13	13	6,5	3	29,6	23,2	3,28	366	42,0	3,51	178	29,7	2,45
14	140	15	15	7,5	4	39,9	31,3	3,80	660	64,7	4,07	330	47,2	2,88
16	160	15	15	7,5	4	45,8	35,9	4,20	1010	85,5	4,68	490	61,3	3,27
18	180	18	18	9	4,5	61,7	48,5	4,80	1720	130	5,27	857	95,2	3,73

BAJA-T $b : h = 2 : 1$



F = penampang
I = momen kelambatan
W = momen tahanan
i = jari-jari kelambatan = $\sqrt{\frac{I}{F}}$

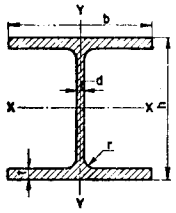
T	ukuran² dalam mm						F cm²	berat kg/m	e cm	sumbu-lentur X—X			sumbu-lentur Y—Y		
	b	h	$d=t$	r	r_1	r_2				I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	I_y cm⁴	W_y cm³	i_y cm
6 3	60	30	5,5	5,5	3	1,5	4,64	3,64	0,67	2,58	1,11	0,75	8,62	2.87	1,36
7 3½	70	35	6	6	3	1,5	5,94	4,66	0,77	4,49	1,65	0,87	15,1	4.31	1,59
8 4	80	40	7	7	3,5	2	7,91	6,21	0,88	7,81	2,50	0,99	28,5	7.13	1,90
9 4½	90	45	8	8	4	2	10,2	8,01	1,00	12,7	3,63	1,11	46,1	10.2	2,12
10 5	100	50	8,5	8,5	4,5	2	12,0	9,42	1,09	18,7	4,78	1,25	67,7	13,5	2,28
12 6	120	60	10	10	5	2,5	17,0	13.4	1,30	38,0	8,09	1,49	137	22.8	2,84
14 7	140	70	11,5	11,5	6	3	22,8	17 9	1,51	68,9	12,6	1,74	258	36,9	3,36
16 8	160	80	13	13	6,5	3,5	29,5	23 2	1,72	117	18,6	1,99	422	52,8	3,78
18 9	180	90	14,5	14,5	7,5	3,5	37,0	29,1	1,93	185	26,2	2,24	670	74,4	4,25
20 10	200	100	16	16	8	4	45,4	35,6	2,14	277	35,2	2,47	1000	100	4,69



L	I_ξ cm⁴	i_ξ cm	k_ξ	I_η cm⁴	W_η cm³	i_η cm	k_η	penampang yang dilemahkan w mm	d mm	F_{n1} cm²	F_{n2} cm²	F_g m²/m
15· 15· 3	0,24	0,54	2,80	0,06	0,09	0,27	11,2					0,087
15· 15 4	0,29	0,53	3,80	0,08	0,11	0,28	13,8					
20· 20· 3	0,62	0,74	2,03	0,15	0,18	0,37	8,36					0,077
20· 20· 4	0,77	0,73	2,73	0,19	0,21	0,36	11,1					
25· 25· 3	1,27	0,95	1,59	0,31	0,30	0,47	6,50					
25· 25· 4	1,61	0,93	2,13	0,40	0,37	0,47	8,56					0,097
25· 25· 5	1,87	0,91	2,73	0,50	0,44	0,47	10,3					
30· 30· 3	2,24	1,14	1,35	0,57	0,48	0,57	5,33			1,49		
30· 30· 4	2,85	1,12	1,81	0,76	0,61	0,58	6,78	17	8,5	1,93		0,116
30· 30· 5	3,41	1,11	2,26	0,91	0,70	0,57	8,50			2,36		
35· 35· 4	4,68	1,33	1,53	1,24	0,88	0,68	5,75	20	11	2,23		0,136
35 35· 6	6,50	1,30	2,32	1,77	1,16	0,68	8,46			3,21		
40· 40· 4	7,09	1,52	1,34	1,86	1,18	0,78	5,10			2 64		
40· 40· 5	8,64	1,51	1,66	2,22	1,35	0,77	6,47	22	11	3,24		0.155
40· 40· 6	9,98	1,49	2,01	2,67	1,57	0,77	7,52			3,82		
45· 45· 5	12,4	1,70	1,49	3,25	1,80	0,87	5,69	25	14	3,60		
45· 45· 7	16,4	1,67	2,09	4,39	2,29	0,87	7,82			4,88		0,174
50· 50· 5	17,4	1,90	1,33	4,59	2,32	0,98	5,02			4,10		
50· 50· 6	20,4	1,89	1,60	5,24	2,57	0,96	6,19	30	14	4,85		0,194
50· 50· 7	23,1	1,88	1,86	6,02	2,85	0,96	7,15			5,58		
50· 50· 9	28,1	1,85	2,42	7,67	3,47	0,97	8,85			6,98		
55 55· 6	27,4	2,08	1,45	7,24	3,28	1,07	5,50			5,29		
55· 55· 8	34,8	2,06	1,96	9,35	4,03	1,07	7,24	30	17	6,87		0,213
55· 55·10	41,4	2,02	2,46	11,3	4,65	1,06	9,03			8,40		
60· 60· 6	36,1	2,29	1,32	9,43	3,95	1,17	5,06			5,89		
60· 60· 8	46,1	2,26	1,78	12,1	4,84	1,16	6,74	35	17	7,67		0,233
60 60·10	55,1	2,23	2,23	14,6	5,57	1,15	8,44			9,40		
65· 65 7	53,0	2,47	1,43	13,8	5,27	1,26	5,48			7,30		
65· 65· 9	65,4	2,44	1,85	17,2	6,30	1,25	7,03	35	20	9,20		0,253
65· 65·11	76,8	2,42	2,27	20,7	7,31	1,25	8,42			11,0		
70· 70· 7	67,1	2,67	1,34	17,6	6,31	1,37	5,02			8,00		
70· 70· 9	83,1	2,64	1,71	22,0	7,59	1,36	6,44	40	20	10,1		0,273
70· 70·11	97,6	2,61	2,10	26,0	8,64	1,35	7,87			12,1		
75 75· 7	83,6	2,88	1,22	21,1	7,15	1,45	4,85			8,49		
75· 75· 8	93,3	2,85	1,42	24,4	8,11	1,46	5,42	40	23	9,66		0,291
75· 75·10	113	2,83	1,76	29,8	9,55	1,45	6,67			11,8		
75· 75·12	130	2,79	2,14	34,7	10,7	1,44	8,04			13,9		

LAMPIRAN 5. DiN (Differdange Normal).

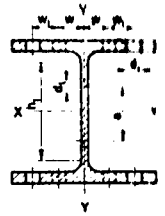
Balok-balok flens sejajar Differdinger (Grey); panjang biasa 3 : 15 m.



F = penampang
I = momen kelambatan
W = momen tahanan
i = jari-jari kelambatan = $\sqrt{\frac{I}{F}}$
S_x = momen statis separuh penampang terhadap sumbu-X.

DiN	ukuran²					penampang F dalam mm		berat kg/m	sumbu-lentur X—X					
	h	b	d	t	r	prof.	badan		I_x	W_x	i_x	S_x	r_{kx}	k_x
	mm					cm²	cm²		cm⁴	cm³	cm	cm³	cm	
10	100	100	6,5	11	11	28,1	6,1	22,1	478	96	4,12	56	3,4	1,650
12	120	120	6,5	11	11	33,8	7,4	26,5	860	143	5,04	82	4,2	1,330
14	140	140	8	12	12	44,1	10,5	34,6	1 520	217	5,87	127	4,9	1,275
15	150	150	8	12	12	47,3	11,3	37,2	1 900	253	6,33	143	5,4	1,180
16	160	160	9	14	14	58,4	13,6	45,8	2 630	329	6,71	188	5,6	1,295
18	180	180	9	14	14	65,8	15,4	51,6	3 830	426	7,63	241	6,5	1,130
20	200	200	10	16	15	82,7	18,7	64,9	5 950	595	8,48	337	7,2	1,145
22	220	220	10	16	15	91	20,7	71,5	8 050	732	9,4	411	8,0	1,030
24	240	240	11	18	17	111	24,4	87,4	11 690	974	10,2	549	8,8	1,055
25	250	250	11	18	17	116	26	91,1	13 300	1 060	10,7	597	9,1	1,010
26	260	260	11	18	17	121	27,6	94,8	15 050	1 160	11,2	648	9,6	0,975
28	280	280	12	20	18	144	32	113	20 720	1 480	12,0	830	10,3	1,000
30	300	300	12	20	18	154	34	121	25 760	1 720	12,9	959	11,2	0,920
32	320	300	13	22	20	171	39	135	32 250	2 020	13,7	1 130	11,8	0,905
34	340	300	13	22	20	174	42	137	36 940	2 170	14,6	1 210	12,5	0,820
36	360	300	14	24	21	192	47	150	45 120	2 510	15,3	1 410	13,1	0,815
38	380	300	14	24	21	194	50	153	50 950	2 680	16,2	1 500	13,8	0,740
40	400	300	14	26	21	209	53	164	60 640	3 030	17,0	1 700	14,5	0,720
42½	425	300	14	26	21	212	56	166	69 480	3 270	18,1	1 830	15,4	0,645
45	450	300	15	28	23	232	64	182	84 220	3 740	19,1	2 110	16,1	0,640
47½	475	300	15	28	23	235	67	185	95 120	4 010	20,1	2 250	17,0	0,580
50	500	300	16	30	24	255	75	200	113 200	4 530	21,0	2 550	17,8	0,575
55	550	300	16	30	24	263	83	207	140 300	5 100	23,1	2 880	19,4	0,495
60	600	300	17	32	26	289	97	227	180 800	6 030	25,0	3 500	20,9	0,460
65	650	300	17	32	26	297	105	234	216 800	6 670	27,0	3 780	22,5	0,405
70	700	300	18	34	27	324	120	254	270 300	7 720	28,9	4 390	23,8	0,390
75	750	300	18	34	27	333	129	261	316 300	8 430	30,8	4 800	25,3	0,350
0	800	300	18	34	27	342	138	268	366 400	9 160	32,7	5 220	26,8	0,320
895	850	300	19	36	30	372	156	292	443 900	10 440	34,6	5 980	28,1	0,310
0	900	300	19	36	30	381	165	299	506 000	11 250	36,4	6 450	29,5	0,285
95	950	300	19	36	30	391	175	307	573 000	12 060	38,3	6 930	30,9	0,265
100	1000	300	19	36	30	400	184	314	644 700	12 900	40,1	7 430	32,2	0,250

rk_x = jari-jari teras terhadap sumbu-X = $\frac{W_x}{F}$
d = garistengah lubang
w, w_1 = ukuran-gores dalam flens
h_1 = tinggi pelat penyambung
k = kofisen profil = $\frac{F^2}{I} = \frac{F}{i^2}$



DiR	sumbu-lentur Y—Y				d_f mm	ukuran²-gores pada flens		tinggi-pelat-penjambung h_1 dan ukuran²-gores a dalam mm pada garistengah-lubang badan d_l						
	I_y	W_y	i_y	k_y		w	w_1	c	h_1	17	20	23	26	29
	cm⁴	cm³	cm			mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
10	315	61	2,68	6,10	14	32	—	28	56	—	—	—	—	—
12	535	87	3,18	5,20	17	37	—	28	76	—	—	—	—	—
14	1 300	176	3,79	6,33	20	44	—	36	92	40	—	—	—	—
15	1 580	200	4,04	5,95	20	48	—	36	102	50	—	—	—	—
16	1 950	233	4,28	5,78	23	50	—	39	104	50	—	—	—	—
18	2 730	292	4,78	5,20	26	55	—	39	124	70	60	—	—	—
20	3 800	369	5,28	4,90	26	60	—	41	138	90	80	70	—	—
22	5 010	443	5,79	4,50	26	60	—	41	158	110	100	90	80	—
24	6 960	566	6,32	4,40	26	50	35	45	170	120	110	100	90	80
25	8 500	662	6,60	4,45	26	50	40	47	180	140	130	120	110	100
26	10 400	773	6,89	4,60	26	55	40	49	190	140	130	120	110	100
28	14 100	976	7,44	4,60	26	55	45	53	204	150	140	130	120	110
30	19 080	1 230	7,99	4,67	26	60	55	56	224	170	160	150	140	130
32	19 900	1 280	7,95	5,00	26	60	55	60	236	180	170	160	150	140
34	19 900	1 280	7,90	5,15	26	60	55	60	256	200	190	180	170	160
36	19 710	1 280	7,82	5,30	26	60	55	61	270	220	210	200	190	180
38	19 710	1 280	7,76	5,40	26	60	55	61	290	240	230	220	210	200
40	19 520	1 270	7,72	5,50	26	60	55	61	306	250	240	230	220	210
42½	19 520	1 270	7,67	5,68	26	60	55	61	331	280	270	260	250	240
45	19 140	1 250	7,59	5,80	26	55	55	63	348	300	290	280	270	260
47½	19 150	1 250	7,53	5,95	26	55	55	63	373	320	310	300	290	280
50	18 960	1 240	7,45	6,20	26	55	55	64	392	340	330	320	310	300
55	18 960	1 240	7,34	6,52	26	55	55	64	442	390	380	370	360	350
60	18 780	1 240	7,21	6,95	26	55	55	66	484	430	420	410	400	390
65	18 790	1 240	7,10	7,35	26	55	55	66	534	480	470	460	450	440
70	18 610	1 230	6,98	7,85	26	55	55	67	578	530	520	510	500	490
75	18 610	1 230	6,90	8,30	26	55	55	67	628	580	570	560	550	540
80	18 620	1 230	6,80	8,71	26	55	55	67	678	630	620	610	600	590
85	18 440	1 220	6,70	9,30	26	55	55	70	718	670	660	650	640	630
90	18 450	1 220	6,60	9,70	26	55	55	70	768	730	720	710	700	690
95	18 450	1 220	6,52	10,20	26	55	55	70	818	770	760	750	740	730
100	18 460	1 220	6,45	10,64	26	55	55	70	868	820	810	800	790	780

Daftar Pustaka

1. Anonymous (1971), **Peraturan beton bertulang Indonesia N.I. – 2** Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik Jakarta.
2. Anonymous (1973), **Peraturan Umum untuk Bahan Bangunan di Indonesia N.I. – 3.** Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik Jakarta.
3. Anonymous (1973), **Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia N.I – 5 P.K.K.I. 1961,** – Departemen Pekerjaan Umum Dan Tenaga Listrik Jakarta.
4. Anonymous (1977), **Peraturan Bangunan Nasional.** Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik Jakarta.
5. Barre & Sammet (1963), **Farm Structures.** John Willey & Sons Inc. New York.
6. Bustraan (1979), **Daftar-Daftar Konstruksi Baja.** P.T. Padnya Paramita, Jakarta.
7. Honing. I (1977), **Konstruksi beton.** Pradmya Paramita Jakarta.
8. Hendardji & Djoko Suyoto. **Bangunan Umum jilid A** Buku Teknik H. Stam Jakarta.
9. Imam Subarkah (1972), **Bangunan Umum & Bangunan Air.** Sumur Bandung
10. K.H. Felix Yap(1964), **Konstruksi Kayu.**, Dhiwantara Bandung.
11. Tall Lombert (1974), **Structural Steel Design Second Edition** The Ronald Press Co. New York.
12. Merritt ES (1972), **Structural Steel Designers Handbook,** Mc. Graw Hill book Co. New York.
13. Soedijanto & Ari Lesani (1977)., **Ilmu Bangunan Kesehatan.** C.V. Jasaguna - Jakarta.
14. Soegihardjo, R.dkk (1978), **Ilmu Bangunan Gedung I.** Proyek Pengadaan Buku Pendidikan Menengah Tekhnologi Departemen P & K Jakarta.

15. Soekarto B.Sc. & Drs. Suratman (1977), **Ilmu Bangunan Gedung 2** Proyek Pengadaan Buku/Diktat Pendidikan Menengah Tekhnologi Departemen P & K Jakarta.

16. Soemargono (1968), **Pengetahuan tentang Bahan Bangunan.** Structures and Environment Handbook.

17. Prof. Ir. Soetomo – Wongsotjitro (1961), **Buku Polyteknik.** Sumur Bandung

18. Soewarno Wiryomartono. **Bahan-bahan Kuliah Fakultas tekhnik UGM.**

19. Surjono Surjokusumo,, (1977), **Penelitian Konstruksi Rumah Kayu Sederhana.** Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.

20. B. Tambunan (1974), **Keawetan dan Pengawetan Kayu.** Kehutanan Indonesia.

Colofon

Susun Huruf	:	ELCOM IBM Composer
Jenis Huruf	:	Bodoni Book 8 punt medium, italic, bold 10 punt medium, italic, bold 16 punt bold 32 punt bold Univers 8 punt medium
Repro	:	Kamera – DAI NIPPON Screen C 240 D Film – Agfa 071 P Plat cetak – Silvan
Mesin Cetak	:	Offset – Original Heidelberg SORD, KORS, GTO
Penjilidan	:	Jahit benang, Lem punggung
Kertas Isi	:	HVO Leces 60 gram
Kertas Sampul	:	BC Leces 180 gram
Tinta Cetak	:	DIC – Black / Cemani Toka
Percetakan	:	NV SAPDODADI Kebon Sirih Timur Dalam 33 Jakarta Pusat